COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUILLET 1845.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE DE BEAUMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce que la prochaine séance de l'Académie, qui devrait se tenir le 28 juillet, sera, à cause de la solemnité de ce jour, remise au mercredi suivant.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** transmet ampliation de l'ordonnance royale qui confirme la nomination de M. *Lallemand* à la place devenue vacante, dans la Section de Médecine et de Chirurgie, par suite du décès de M. *Breschet*.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Lallemand** prend place parmi ses confrères.

M. le **Président** fait remarquer que la nomination de M. Lallemand laisse une place de correspondant vacante dans la Section de Médecine et de Chirurgie; à cette occasion il rappelle qu'il y a encore d'autres places de correspondants vacantes, savoir : deux dans la Section de Chimie et une dans la Section de Zoologie.

MÉCANIQUE PHYSIQUE ET EXPÉRIMENTALE. — *Note sur les expériences de* M. Pecqueur, *relatives à l'écoulement de l'air dans les tubes, et sur d'autres expériences avec orifices en minces parois ; par* M. **Poncelet.**

(La lecture de cette Note a été commencée dans la séance du 14 juillet 1845.)

« Dans une récente communication (*voir* la séance du 23 juin dernier), M. Pecqueur, l'un de nos plus habiles mécaniciens, bien connu de l'Académie par d'utiles, de remarquables inventions, vient de lui présenter un résumé de nombreuses et intéressantes expériences sur l'écoulement de l'air dans les tuyaux de conduite, expériences qu'il a exécutées en mai et juin derniers, avec MM. Bontemps et Zambaux, associés à ses travaux. Le but spécial et pratique de ces expériences est de déterminer la perte de force motrice opérée par l'écoulement de l'air au travers des longs tubes d'alimentation de l'ingénieux système de chemin de fer, à air comprimé, qu'ils ont soumis à l'examen de l'Académie dans la séance du 17 juin 1844, afin de mettre ses Commissaires en mesure de prononcer sur le mérite de l'invention.

» En lui adressant ce résumé d'expériences, M. Pecqueur manifeste le désir que les principaux résultats en soient vérifiés par la Commission avant l'enlèvement des appareils, et que l'application des lois qu'ils indiquent en soit faite à l'appréciation de son système de chemin de fer atmosphérique. Dans ces expériences, on se servait d'une grande chaudière en tôle de fer, rivée et à tubes bouilleurs, nommée *magasin*, de la contenance de 2 926 litres, et dans laquelle l'air était refoulé au moyen d'une pompe à compression, mue par la machine à vapeur à rotation immédiate de M. Pecqueur. Le faible intervalle de temps qui devait s'écouler entre la séance du lundi 23 juin et l'époque de la livraison de cette chaudière, l'importance même des résultats obtenus, me déterminèrent à accepter, avec empressement, l'offre obligeante que M. Pecqueur voulut bien me faire de visiter ses appareils, et de les soumettre à quelques expériences avant la présentation officielle du Mémoire à l'Académie, et la réunion des membres de la Commission dont j'ai l'honneur de faire partie. J'ai pensé qu'en attendant l'époque où il deviendrait possible à cette Commission de porter un jugement motivé sur le chemin de fer atmosphérique de M. Pecqueur, l'Académie et le public scientifique ou industriel, recevraient avec intérêt la communication des principaux résultats des expériences auxquelles cet ingénieur s'est livré conjointement avec MM. Bontemps et Zambaux, ainsi que des expériences complémentaires qu'ils ont bien voulu entreprendre le 21 juin, en ma présence et à ma solli-

tation, dans la vue d'éclaircir quelques points délicats et jusqu'ici controversés, concernant les lois de l'écoulement des gaz.

» L'appareil dont M. Pecqueur s'est servi dans ses expériences se composait du grand réservoir ou magasin dont il a été parlé et dans lequel l'air était refoulé à plusieurs atmosphères; d'un autre réservoir plus petit en tôle mince de cuivre, nommé *grand récipient*, de la contenance de 180 litres, qui communiquait avec le magasin par un tube de $0^{m},80$ de longueur, $0^{m},04$ de diamètre, muni d'un robinet à l'entrée; enfin, d'un dernier réservoir de 55 litres, qui communiquait, avec le précédent, au moyen de tubes en plomb, de divers diamètres et longueurs, dans lesquels on s'était proposé de faire couler l'air sous des différences de pressions plus ou moins grandes. Chacun des trois réservoirs était muni d'un manomètre à mercure et à air libre, servant à mesurer l'excès de la pression intérieure sur celle de l'atmosphère; le petit récipient était, en outre, muni d'un robinet qui, en permettant de lâcher plus ou moins d'air au dehors, servait à maintenir la pression à un état constant pendant la durée de l'expérience.

» Après le refoulement de l'air dans le magasin et la fermeture du robinet d'admission de cet air, qui s'y trouvait ainsi condensé à plusieurs atmosphères, l'un des observateurs était occupé à régler l'ouverture du robinet d'écoulement de ce magasin, de manière à maintenir l'air du grand récipient à une pression constante au-dessus de celle que le second observateur tâchait de maintenir pareillement constante dans le petit récipient. Un troisième observateur était occupé à compter le nombre des oscillations d'un pendule à secondes pendant la durée de l'expérience, dont le commencement correspondait à l'instant précis où la tension décroissante dans le magasin se trouvait de $\frac{1}{2}$ atmosphère au-dessus de la tension fixe du grand récipient, tandis que la fin correspondait à l'instant même où le manomètre du magasin se trouvait abaissé au niveau de celui du grand récipient.

» Il résultait effectivement de ce dispositif, qu'en négligeant la faible différence existant entre la pression barométrique extérieure et la pression atmosphérique moyenne, mesurée par une colonne de $0^{m},76$ de mercure, le volume de l'air écoulé, ramené à cette dernière pression, devait être équivalent à la moitié de la capacité du grand magasin, soit 1463 litres, en négligeant, d'autre part, le faible abaissement de température survenu, dans ce même magasin, par l'effet de la dilatation de l'air qu'il contenait primitivement. En divisant le volume de 1463 litres ou $1^{mc},463$ par le nombre de secondes observé au pendule, MM. Pecqueur, Bontemps et Zambaux obtenaient le volume de la dépense par seconde, qu'ils ramenaient, par un

calcul facile, à la pression intérieure du grand récipient, afin d'en conclure la vitesse d'écoulement de l'air dans les tubes servant à établir la communication avec le petit récipient.

» Le rapprochement et la comparaison des nombreux résultats ainsi obtenus avec des tubes de 4 à 68 mètres de longueur, de 1 à 3 centimètres de diamètre, dans des circonstances où la pression effective a varié entre $3\frac{1}{2}$ et 2 atmosphères dans le grand récipient et entre $3\frac{1}{4}$ et 1 atmosphère dans le petit, sous des différences de pression ou charges motrices comprises entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{4}{4}$ d'atmosphère, et qui se sont élevées jusqu'à la moitié de la pression absolue du grand récipient, ce rapprochement, cette comparaison, disons-nous, ont conduit M. Pecqueur aux conséquences suivantes :

» 1°. *Pour un tuyau donné, la durée de l'écoulement d'un même poids d'air, ou d'un même volume sous la tension du grand récipient, est en raison inverse de la racine carrée de la différence des pressions ou des densités de l'air dans les deux récipients ;*

» 2°. *Toutes choses égales d'ailleurs, cette même durée est en raison directe de la racine carrée des longueurs des tuyaux ;*

» 3°. *Par conséquent, les vitesses d'écoulement sous la densité du réservoir ou grand récipient sont proportionnelles à la racine carrée du rapport de la différence des pressions à la longueur des tuyaux lorsque ceux-ci ont le même diamètre ;*

» 4°. *Pour des tuyaux de même longueur et dans lesquels l'air est soumis aux mêmes pressions, tant en amont qu'en aval, les vitesses sont en raison directe de la racine cubique de l'aire des sections.*

» De ces quatre lois, la première et l'énoncé qui lui correspond dans la troisième sont conformes à celle que l'on déduit de l'ancienne théorie où l'on suppose que les gaz, soumis à une différence de pression constante, s'écoulent sans détente et à la manière des fluides incompressibles, c'est-à-dire en conservant la densité qu'ils avaient dans le réservoir ; théorie qui n'avait, jusqu'ici, été vérifiée que par les résultats des expériences de MM. Girard et d'Aubuisson, exécutées sous des différences de pression extrêmement faibles. La deuxième loi, relative à l'influence de la longueur, et son analogue de la troisième, ne diffèrent de celles qui se concluent des mêmes théories ou expériences, que par une quantité généralement fort petite qui doit être ajoutée au terme relatif à la résistance des tuyaux, dont elle est véritablement indépendante, et vis-à-vis duquel elle peut être approximativement négligée pour des longueurs de tubes semblables à celles des principales expériences de M. Pecqueur.

» Quant à la quatrième loi, elle attribue aux diamètres des tubes une influence un peu supérieure à celle que leur assignent les théories déjà citées, puisque les vitesses, au lieu de croître comme la puissance $\frac{2}{3}$ du diamètre, doivent simplement être proportionnelles à leur racine carrée, ou, ce qui revient au même, elles doivent croître comme la racine quatrième de l'aire des sections des tubes, et non comme leurs racines cubiques. Or, cette différence peut également s'expliquer par l'omission du terme, indépendant de la résistance ou du frottement des tuyaux, qui provient, comme on le sait, des pertes de forces vives éprouvées par le fluide, tant à sa sortie qu'à son entrée dans ces tuyaux : pertes constatées par le phénomène des ajutages et dont les nouvelles expériences, relatives aux tubes les plus courts, rendent l'existence également manifeste.

» Ce n'est point ici le lieu d'insister sur les applications que M. Pecqueur a faites, du résultat de ses expériences, au projet d'établissement de son chemin de fer à air comprimé; la conséquence à laquelle il arrive, et d'après laquelle la perte de travail ou de pression motrice pour pousser l'air à des distances de plus de 154 kilomètres, soit 38 lieues, dans des tuyaux de $0^{m},3$ de diamètre, ne s'élèverait qu'au $\frac{1}{6}$ ou au $\frac{1}{7}$ seulement de la force employée, cette conséquence, disons-nous, paraît à l'abri de toute contestation, si l'on entend faire abstraction des fuites, des changements que pourrait subir la température extérieure, et qu'il n'existe aucun étranglement dans la conduite. Une aussi faible influence des frottements sous de petites vitesses, ou de grands diamètres, est parfaitement conforme aux résultats des expériences antérieures sur l'écoulement des liquides et des gaz, résultats que ceux de M. Pecqueur viennent ainsi confirmer pour des circonstances très-variées et des pressions considérables, puisqu'elles ont atteint, comme on l'a vu, le double de la pression extérieure. Nous passerons à une autre série d'expériences, qui intéressent plus particulièrement les progrès de la théorie de l'écoulement des gaz, et l'application générale que l'on peut avoir à en faire aux divers cas de la pratique.

» Dans cette nouvelle suite d'expériences, MM. Pecqueur, Bontemps et Zambaux ont supprimé le petit récipient, et, sans rien changer au surplus de l'appareil, ils ont laissé l'écoulement s'opérer à l'air libre, au travers des mêmes tubes qui avaient déjà servi aux précédentes expériences. Nous choisissons de préférence, pour la soumettre au calcul, la série dont les résultats sont consignés dans le tableau suivant, extrait textuellement de la Notice de M. Pecqueur, attendu qu'elle laisse le moins à désirer sous le rapport de la régularité et de l'exactitude. Les tubes, en plomb étiré, qui ont servi à ces

expériences, avaient, sous différentes longueurs, $0^{mq},000083$ de section, ou $0^{m},01028$ de diamètre; l'un et l'autre obtenus au moyen de la pesée de l'eau de pluie que contenait 1 mètre de longueur de ces tubes. La pression effective et constante dans le grand récipient était de 2 atmosphères mesurées en colonne de $0^{m},76$ de mercure ; la pression barométrique extérieure et la température n'ont point été observées non plus que dans les précédentes expériences; mais, en consultant le tableau météorologique du Bureau des Longitudes, dont M. Laugier a bien voulu me communiquer l'extrait, et en se reportant à la date du 2 juin (7 à 9 heures du soir), il nous a été possible de tenir compte, approximativement, de ces données essentielles dans les formules et les calculs. Ajoutons que la dépense ou le volume constant de gaz écoulé pendant les durées distinctes de ces mêmes expériences a été évalué à $1^{mc},643$ sous la pression atmosphérique moyenne de $0^{m},76$, et cela, d'après une appréciation qui suppose que la température intérieure de l'air était la même que celle de l'atmosphère, ce qui s'écarte quelque peu de la vérité, comme on le verra ci-après.

Tableau du résultat des expériences.

Longueurs des tubes ...	18,00,	9,00,	4,50,	2,25,	1,125,	0,562,	0,281,	0,140,	0,070,
Durées de l'écoulement.	202,	148,	106	85	72,	59,	53,	51,	51,
Dépenses par seconde..	0,00724,	0,00989,	0,01380,	0,01721,	0,02032,	0,02480,	0,02760,	0,0287,	0,0287.

» Dans ce tableau, les longueurs, les durées et les dépenses de gaz sont respectivement évaluées en mètres linéaires, en secondes sexagésimales et en mètres cubes ou fractions de mètre cube.

» Pour comparer les résultats contenus dans la dernière ligne horizontale de ce tableau, avec ceux de la théorie qui suppose la densité constante dans toute l'étendue du réservoir et des tubes, j'ai pris les formules connues

$$(1)\qquad Q = \Omega\frac{P}{p}V = \Omega\frac{P}{p}\sqrt{\frac{2g(P-p)}{\Pi\left(K+\frac{8\beta}{D}L\right)}},\qquad \Pi = \Pi_0\frac{P}{P_0}\frac{1}{1+\alpha\theta},\qquad (2)$$

où $g = 9^{m},809$, P représente la pression intérieure dans le récipient, relative au mètre carré; p la pression atmosphérique extérieure; Π la densité ou le poids du mètre cube d'air sous la pression P et la température intérieure θ supposée ici la même que celle du dehors; $\Pi_0 = 1^{k},299$ la densité de l'air à 0° fournie par les Tables, $P_0 = 10330^{k}$ la pression atmosphérique moyenne de $0^{m},76$ de hauteur de mercure; $\alpha = 0,004$ le coefficient que l'on a coutume

d'adopter dans ce genre de calculs pour tenir compte de l'humidité de l'air; K une constante relative aux contractions et pertes de forces vives qui ont lieu à l'embouchure et au débouché des tubes; Ω et D l'aire et le diamètre de leur section uniforme; L leur longueur; β un coefficient numérique relatif à la résistance de leurs parois; V enfin, la vitesse d'écoulement du gaz par seconde, et Q le volume correspondant de la dépense ramenée de la pression P du réservoir, à la pression extérieure p.

» On a supposé, avec M. Pecqueur et sans aucunes corrections, $P = 2P_0$, $p = P_0$, $\Omega = 0^{mq},000083$, $D = 0^m,01028$; faisant, en outre, $g = 9^m,809$, $\Pi_0 = 1^k,3$, $\alpha = 0,004$, enfin $\theta = 20$ degrés, ce qui s'écarte peu de la vérité, et substituant ces différentes valeurs ainsi que celles de Q et de L, fournies par la troisième des lignes horizontales du tableau, dans les formules qui donnent Π et Q, on en a déduit les valeurs correspondantes de la fonction $K + \frac{8\beta}{D}L$, ou, plutôt, $K\frac{D}{8} + \beta L$. Prenant ensuite pour abscisses les longueurs L des tubes, et pour ordonnées les valeurs ainsi obtenues, on a construit une série de points qui se sont trouvés sur une même droite, à des différences près véritablement négligeables dans une question de cette espèce, et qui démontrent que la fonction dont il s'agit est, en réalité, très-propre à représenter l'ensemble des résultats de l'expérience. De plus, on déduit de cette comparaison toute simple,

$$K = 2,475, \quad \beta = 0,00295,$$

quantités dont les valeurs substituées dans l'expression ci-dessus de la dépense Q, reproduisent les résultats du tableau à un degré d'exactitude comparable à celui que comportent les expériences mêmes auxquelles ils correspondent respectivement.

» La constante K dépend, comme on l'a vu, du dispositif de l'embouchure des tubes; d'après le résultat des expériences connues relatives aux liquides, elle s'élèverait, au plus, à 1,5; mais on doit remarquer que ces tubes n'aboutissaient pas directement aux parois du récipient servant de réservoir, et qu'ils s'en trouvaient séparés par un bout de tuyau de $0^m,04$ de diamètre, de $0^m,3$ environ de longueur et formant un coude arrondi sous un angle droit ; circonstance qui, par elle-même, a dû modifier un peu les lois du mouvement, indépendamment des étranglements accidentels qui pouvaient avoir lieu dans les tubes, soit par les flexions auxquelles ils ont été naturellement soumis, soit à cause des dépôts résultant de l'opération du masticage de leur embouchure. Les résultats mentionnés ci-après dé-

montrent, en effet, que cette considération n'est point fondée sur une pure hypothèse et se trouve conforme à la réalité des faits.

» Quant à la constante, elle est un peu inférieure à la valeur 0,00324 qui lui a été assignée par M. Navier (*) d'après le résultat des expériences de M. d'Aubuisson, et sans tenir compte, ainsi que je viens de le faire, du terme constant K; mais elle se rapproche beaucoup plus de la valeur 0,00308 que j'avais antérieurement déduite de la discussion du résultat de ces mêmes expériences (**) et de celle 0,00297 que lui avait primitivement assignée M. d'Aubuisson (***), en admettant ce terme et négligeant, à la vérité, dans le calcul, quelques circonstances peu influentes. L'accord de ces derniers résultats avec le précédent met en droit de conclure que le coefficient β est, en effet, sensiblement indépendant de la densité du fluide qui parcourt les tubes; car, on l'aperçoit aisément, les corrections qu'il faudrait apporter aux résultats de nos premiers calculs en raison des effets de température et de pression, sans affecter aucunement le rapport des constantes K et β, tendraient, tout au plus, à les augmenter de quelques centièmes de leurs valeurs respectives.

» L'accord non moins remarquable des données expérimentales du tableau ci-dessus et des formules se soutient, à quelques anomalies près évidentes, pour tous les cas où l'on a opéré avec le grand récipient en laissant écouler directement le fluide dans l'atmosphère : expériences qui datent de la même époque que les précédentes, et dans lesquelles, sous des longueurs L, de 34 et 68^{m}, le rapport de P à p, a varié de $1\frac{1}{4}$ à $2\frac{1}{2}$. Il suffira de faire remarquer que le résultat en serait plus approximativement représenté, en moyenne, si l'on augmentait K et β de quelques centièmes de leurs valeurs ci-dessus, en prenant, par exemple, $K = 2,6$ et $\beta = 0,003$.

» D'un autre côté, la Notice présentée à l'Académie des Sciences, par M. Pecqueur, ne concernant que des tubes dont la moindre longueur égalait à peu près sept fois le diamètre, elle laissait à désirer que la série rapportée plus haut fût continuée jusqu'à des longueurs comparables à celles des ajutages cylindriques ordinaires, ou à peu près nulles, afin de se placer dans la condition des minces parois; car on sait qu'alors les phénomènes de l'écoulement se trouvent complétement modifiés. Malheureusement, le tube

---

(*) *Mémoire sur l'écoulement des fluides élastiques dans les vases et les tuyaux de conduite*, lu à l'Académie des Sciences le 1[er] juin 1829.

(**) *Leçons lithographiées de l'École d'application de Metz*, 6[me] section, n° 41.

(***) *Traité d'Hydraulique*, 2[e] édition, pages 591 et suivantes.

de $0^m,7$ de longueur avait été démonté, et, pour satisfaire à mon désir, il devint nécessaire de substituer un autre bout de tube neuf, exactement calibré à $0^m,001028$ de diamètre, et auquel on donna successivement les longueurs indiquées dans la Table ci-dessous, qui contient le résultat des expériences exécutées en ma présence, par MM. Pecqueur, Bontemps et Zambaux, le 21 juin dernier, de 3 à 7 heures de l'après-midi, sous une pression barométrique voisine de $0^m,76$, et une température d'environ 25 degrés centigrades, résultats qui se trouvent ici comparés à ceux que donnent les formules pratiques bien connues

$$(3)\quad Q = \mu\Omega\frac{P}{p}V = \mu\Omega\frac{P}{p}\sqrt{\frac{2g(P-p)}{\Pi}} = \mu\Omega\sqrt{2g\frac{P_0}{\Pi_0}\left(\frac{P}{p}-1\right)\frac{P}{p}(1+0,004\theta)},$$

dans lesquelles les lettres ont les valeurs et les significations déjà rapportées ci-dessus, et μ représente d'ailleurs un coefficient de *correction* ou de *contraction* purement numérique, analogue à celui qui se rapporte à la dépense des ajutages.

Numéros des expériences.	1.	2.	3.	4.	5.
Longueurs des tubes	$0^m,100$	$0^m,050$	$0^m,025$	$0^m,01$	$0^m,00$
Durées moyennes en secondes	46″,33	46″,00	45″,00	44″,00	54″,67
Dépenses par seconde à la pression P_0.	$0^{mc},03158$	$0^{mc},03180$	$0^{mc},03251$	$0^{mc},03325$	$0^{mc},02676$
Valeurs du coefficient μ	0,632	0,636	0,650	0,665	0,535

» Les coefficients μ, donnés par la dernière ligne de cette Table, suivent, comme on voit, à très-peu près, la marche de ceux qui ont été obtenus par Michelotti et d'autres observateurs habiles pour l'écoulement des liquides dans les ajutages de différents diamètres; mais ils sont généralement beaucoup plus petits, quoiqu'il y ait lieu de présumer que le maximum de leur valeur, évidemment compris dans l'intervalle 0,650 à 0,665, doive se rapprocher de 0,70. Ces mêmes coefficients, du moins leur maximum 0,665, et leur minimum 0,535, relatifs aux orifices en mince paroi, sont aussi de beaucoup inférieurs à ceux qui ont été obtenus par MM. d'Aubuisson et Lagerhjelm pour l'écoulement de l'air dans des circonstances analogues. Les valeurs respectives de ces derniers coefficients ont, en effet, été trouvées, par le premier de ces observateurs, égales à 0,649 et 0,926 en moyenne, sous des différences de pressions extrêmement faibles et dans des circonstances où le dispositif des orifices devait tendre à augmenter les contractions intérieures, et par conséquent les coefficients à la sortie. Dans les expériences de M. Lagerhjelm, qui a opéré sous des différences de pression beaucoup plus fortes, ces mêmes

valeurs, en calculant les dépenses par les formules ci-dessus, et laissant de côté deux expériences, sur douze, relatives aux minces parois, dont les résultats, complétement anormaux, se trouvent évidemment transcrits, d'une manière erronée, dans la Table de cet auteur; ces mêmes coefficients de *correction* se sont encore élevés à 0,584 et 0,78, en moyenne.

» L'excès considérable de ces derniers coefficients sur les nôtres obtenus, à la vérité, sous des différences de pression vingt fois plus fortes, nous a fait penser qu'il devait exister, à l'embouchure, quelque obstacle intérieur, analogue à ceux qui ont pu accroître les valeurs de la constante K dans les expériences relatives aux longs tuyaux, obstacle qui devait plus particulièrement porter sur la réduction du diamètre des orifices ou sections de ces tuyaux; car le principe des forces vives, d'accord en cela avec les faits de l'expérience relatifs aux ajutages, indique que les contractions et frottements occasionnés par le dispositif de l'appareil où les orifices étaient, comme on l'a vu, pratiqués à l'extrémité d'un tube recourbé, outre qu'ils ne pouvaient exercer une influence appréciable pour le diamètre 0,01028, soumis ici à l'expérience, tendaient, au contraire, à augmenter la valeur de la dépense effective et du coefficient μ, tout en produisant une diminution de vitesse, une perte de charge motrice ou de force vive.

» Ces doutes, ces incertitudes sur les véritables valeurs du coefficient de contraction, relatif aux orifices en mince paroi, dans les expériences qui nous occupent, ne pouvaient être levés qu'en modifiant complétement le dispositif ou en supprimant tout ajutage intérieur et extérieur. M. Pecqueur n'hésita pas à percer la paroi latérale du grand récipient, en tôle de cuivre de 1 millimètre environ d'épaisseur, d'un orifice de $0^m,01028$ de diamètre, évasé extérieurement avec une fraise, placé, d'ailleurs, à de très-grandes distances du fond du récipient ou du tube d'admission, et à l'aide duquel on opéra exactement comme dans les précédentes expériences, que les dernières ont suivies pour ainsi dire sans intervalle. Le même orifice fut ensuite agrandi de manière à lui donner un diamètre exact de $0^m,0145$, et dont l'aire était ainsi à très-peu près le double de celle du précédent. Nous inscrivons ici les données moyennes de ces deux expériences, qu'on a eu le soin de répéter trois fois consécutivement :

Diamètres des orifices.	$0^m,01028$	$0^m,0145$
Durées totales de l'écoulement.	52″	26″
Dépenses par seconde, à la pression $p = P_0$.	$0^m,02813$	$0^m,05626$
Valeurs du coefficient de contraction μ. . .	0,563	0,566

» La légère différence de ces coefficients doit être principalement attri-

buée aux erreurs qui ont pu être commises sur le mesurage des diamètres ou sur l'appréciation du temps au moyen du pendule à secondes. L'un et l'autre se rapprochent beaucoup plus, comme on voit, du coefficient 0,584, obtenu par M. Lagerhjelm, que celui 0,535 de nos précédentes expériences, quoiqu'il lui soit encore inférieur; et, si l'on a égard aux différences considérables des pressions génératrices dans les deux cas, on sera conduit à admettre, en faisant entrer pareillement en ligne de compte le résultat moyen 0,65, obtenu par M. d'Aubuisson pour des pressions très-petites ($\frac{1}{74}$ d'atmosphère au plus), que le *coefficient de contraction est, pour les gaz comme pour les liquides, susceptible de décroître à mesure que les charges augmentent* (*), et cela suivant une marche absolument pareille; car l'expérience de Mariotte sur le pouce de fontainier, dans laquelle la charge était de 1 ligne seulement, a donné $\mu = 0,67$, ou mieux 0,69, tandis que les plus fortes charges ont abaissé la valeur de μ à 0,60, dans les expériences de Michelotti.

» Cette circonstance pourra en même temps servir d'explication à la différence très-forte qui existe entre les coefficients de contraction 0,65 et 0,584 de MM. Lajerhjelm et d'Aubuisson, différence qui, jusqu'ici, avait été rejetée uniquement sur les erreurs d'observations ou sur le dispositif de la tubulure, assez large, qui recevait les orifices de ce dernier expérimentateur. Je le répète, ce dispositif n'exerçait en lui-même, pas plus que dans les expériences de M. Pecqueur, aucune influence appréciable pour accroître le coefficient de contraction des plus petits orifices, et les chances d'erreurs à craindre, dans les circonstances analogues, reposent principalement sur l'évaluation du diamètre de ces orifices.

» D'un autre côté, si l'on se reporte au texte de M. d'Aubuisson (*Annales des Mines*, tome XIII, année 1826), on verra, par les observations qui suivent le tableau de ses expériences, que ce savant ingénieur avait d'abord obtenu le coefficient 0,707 pour l'orifice de $0^m,01$ de diamètre, et que ce n'est qu'en corrigeant cette dimension dans les calculs, qu'il est arrivé au coefficient moyen 0,65 dont il excuse, en quelque sorte, la prétendue exagération, en citant une expérience de feu notre confrère M. Girard, dans laquelle le coefficient de contraction, pour un orifice de $0^m,01579$ de diamètre et une charge génératrice de $0^m,03383$, mesurée en colonne d'eau, s'est également élevé à 0,714. Aussi pensons-nous que la valeur de ce coefficient, relatif à d'aussi

---

(*) *Expériences hydrauliques*, présentées à l'Académie des Sciences en 1829, par MM. Poncelet et Lesbros. Paris, 1832.

petites charges, est plus voisine de 0,71 que de 0,65. C'est, au surplus, ce qui résulte également de la grandeur même du coefficient moyen 0,926 obtenu par M. d'Aubuisson, pour les courts ajutages, comme on le verra ci-après.

» Maintenant, si l'on observe que la moyenne 0,564 des coefficients fournis par les expériences ci-dessus, sur les orifices en mince paroi, excède à peine de $\frac{1}{19}$ le coefficient 0,535 obtenu précédemment, on ne fera aucune difficulté d'admettre qu'il existait pour ce dernier cas, dans l'orifice lui-même, une cause de réduction, sinon de la vitesse, du moins de la section où s'opère la plus forte contraction du jet. Le démontage du tube accessoire, courbe, qui avait servi dans toutes les expériences antérieures de MM. Pecqueur, Zambaux et Bontemps, est venu finalement confirmer ce soupçon; car les écailles de mastic durci, què contenait ce tube, poussées, soulevées par le courant d'air, ont dû se présenter devant l'orifice d'admission, l'obstruer plus ou moins, sans pouvoir le franchir entièrement, et, par suite, oblitérer la veine en provoquant, dans le cas des ajutages ou tubes extérieurs de diverses longueurs, une série de réflexions, d'ondulations décroissantes qui devaient produire l'effet d'autant d'étranglements ou de rétrécissements, plus ou moins brusques, de la *section vive* de ces tubes.

» De là, d'ailleurs, l'explication de la solution de continuité qui se laisse apercevoir entre les résultats de la seconde série d'expériences, relative aux courts ajutages et ceux de la première série, où, sous un même diamètre $0^m,01028$, le tube de $0^m,07$ a donné une moindre dépense que ses correspondants de $0^m,05$ et $0^m,10$ de longueur dans l'autre série. De là aussi l'explication de l'exagération même de la valeur 2,475 de la constante K, à laquelle nous sommes parvenus pour la première série d'expériences, constante que M. Eytelwein supposait d'environ 1,515 dans ses recherches de 1814 sur l'écoulement de l'eau au travers des tuyaux de conduite, que M. d'Aubuisson a prise égale à l'unité dans la formule qui représente le résultat de ses expériences sur le mouvement de l'air, et dont la valeur, d'après la théorie de Borda, fondée sur l'hypothèse d'une perte de force vive à l'entrée de la conduite, aurait dû être ici

$$K = 1 + \left(\frac{1}{\mu} - 1\right)^2 = 1,757$$

seulement, même en prenant le coefficient de contraction μ, relatif à l'orifice d'introduction, égal à la valeur 0,535 que lui assignent nos dernières

expériences pour le cas de la paroi mince ou d'un ajutage de longueur nulle, placés à l'extrémité de la tubulure de $0^m,30$.

» Or, la grande différence entre cette dernière valeur 1,757 de K et la valeur effective $K = 2,475$, dans les premières expériences sur les longs tubes, paraît indiquer que la perte de force vive ou la réduction de vitesse et de dépense qui lui correspondent, serait, en effet, plus grande que ne le suppose le coefficient $\mu = 0,535$, qui porte ici plus spécialement sur l'aire de l'orifice d'introduction; de sorte qu'il faut bien admettre, non pas seulement qu'il y avait diminution de la section du jet à l'entrée des tubes, mais, comme on l'a dit, oblitération et, par suite, production de rétrécissements véritables dans la *section vive* du courant, lesquels pour les longs tubes en plomb, soumis à l'expérience par M. Pecqueur, ont pu se joindre aux défauts naturels de calibrage de ces tubes si facilement déformables. Ces défauts n'existant pas, je l'affirme, dans les expériences faites le 21 juin, en ma présence, sur les ajutages de $0^m,10$ de longueur et au-dessous, cela seul suffit pour expliquer la solution de continuité, l'anomalie remarquée entre les deux séries de résultats qui s'y rapportent.

» Mais il y a plus encore : on sait que la théorie de Borda, appliquée aux courts ajutages, donne dans le cas des liquides, un coefficient de réduction de la vitesse 0,86 au lieu de 0,82 indiqué par l'expérience; ce qui suppose une nouvelle cause d'accroissement des pertes de force vive, dont la formule ci-dessus ne tient pas compte, et à laquelle on aura égard en lui appliquant le facteur numérique 1,1 pour tous les cas analogues. L'exactitude de l'expression ci-dessus de K, qui provient des pertes de force vive et a été admise, d'après Borda, par Petit, Navier et d'autres auteurs, cette exactitude, comme on sait, a été révoquée en doute, dans ces derniers temps, par quelques personnes prévenues contre le mode de démonstration que ces illustres savants avaient employé en invoquant le principe de Carnot ou la théorie du choc des prétendus corps durs, comme si la réalité des nombreux faits qui confirment un pareil résultat, pouvait dépendre de la nature des démonstrations géométriques dont on s'est servi pour le justifier ou l'établir à priori. C'est pourquoi il me paraît utile de faire observer que l'on arrive à la même conséquence par plusieurs genres de raisonnements, dont le moins contestable peut-être, repose sur une donnée mathématique et physique entièrement évidente : c'est que les molécules fluides, à cause de leur parfaite mobilité, ne peuvent, quand il existe une cause de trouble ou de ralentissement plus ou moins brusque, perdre l'excès de leur vitesse primitive de régime, c'est-à-dire uniforme et parallèle, sur celle qu'elles prennent ensuite,

qu'en tourbillonnant les unes autour des autres, ou en pirouettant sur elles-mêmes; car le travail dû à la faible adhérence qui les unit entre elles, les vibrations qu'elles reçoivent ou excitent par leur frottement contre les parois, etc.; toutes ces causes ne sauraient rendre compte de la diminution de vitesse rapide et apparente qui nous occupe, et qui s'observe dans une infinité de circonstances. Or, la force vive d'un corps ou d'un assemblage quelconque de molécules se compose, comme on sait, d'après un théorème de Lagrange, de la force vive relative au mouvement de translation générale du centre de gravité, et de celle qui se rapporte à la rotation autour de ce centre ou au déplacement relatif des parties.

» Lors donc qu'on applique le principe de la conservation des forces vives aux fluides, en supposant leurs molécules animées d'un simple mouvement de translation parallèle, dans certaines régions prismatiques d'un vase, on commet une double erreur, dont l'une, celle qui a été évaluée par Borda, provient de la force vive *dissimulée* dans la rotation des molécules ou groupes de molécules, et dont l'autre est généralement due (*) à l'inégalité et à l'obliquité même des vitesses ou des filets fluides; c'est pourquoi on doit les considérer comme autant de pertes qui viennent s'ajouter au terme relatif à la force vive principale ou de pure translation. Ces différentes pertes, bien qu'elles ne soient pas rigoureusement déterminées par le calcul, dans l'état actuel de nos connaissances théoriques, peuvent du moins être observées et appréciées au moyen de la comparaison des résultats fournis par le théorème général des forces vives, avec les données immédiates de l'expérience. De plus, il convient de remarquer qu'il en est ainsi de toutes les autres pertes de travail provenant des actions moléculaires, dont la nature intime nous sera, de longtemps encore, inconnue, telles que frottements et réactions au contact, vibrations, oscillations et résistances diverses.

» Nier, en particulier, l'existence des pertes ou dissimulations de force vive dans le cas qui nous occupe, ce serait se refuser à l'évidence même des faits et des résultats irrécusables de l'expérience exposés ci-dessus, lesquels démontrent que, pour ce cas, et bien qu'il s'agisse de l'écoulement d'un gaz, les pertes dont il s'agit, loin d'être nulles ou très-faibles, comme l'ont prétendu ceux qui font entrer en ligne de compte le jeu de l'élasticité moléculaire, deviennent, au contraire, notablement supérieures à celles qui s'observent, dans le cas analogue, pour les liquides.

(*) *Voyez* le Mémoire déjà cité : *Expériences hydrauliques,* pages 166 et suiv., n° 159.

» A l'égard de l'accroissement 0,1 de K, mentionné plus haut, il s'explique d'après la circonstance que les vitesses des molécules fluides qui parcourent les tubes dans nos expériences, quoique parallèles, sont inégales à la sortie de ces tubes; ce qui fait que la somme de leurs forces vives surpasse réellement celle qui se déduit de l'hypothèse du parallélisme des tranches ou d'une *vitesse moyenne* calculée expérimentalement, comme on est obligé de le faire, d'après Bernoulli, dans l'application des formules, en divisant la dépense effective par l'aire de la section transversale des tubes.

» D'après cette manière de voir, le coefficient maximum de réduction de la vitesse ou de la dépense, dans le cas des courts ajutages, serait représenté par la formule

$$(4) \qquad \mu' = \frac{1}{\sqrt{1,1\left[1+\left(\frac{1}{\mu}-1\right)^2\right]}} = \frac{0,95}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{\mu}-1\right)^2}},$$

dans laquelle on néglige, à juste raison, le frottement des parois, vis-à-vis des autres causes perturbatrices qui viennent changer complétement et brusquement la loi du mouvement.

» En faisant $\mu = 0,535$, comme nous l'avons trouvé dans le cas de l'orifice en mince paroi, de $0^{m},01028$ de diamètre, placé à l'extrémité de la tubulure courbe, on obtient $\mu' = 0,72$, valeur beaucoup plus forte que le maximum 0,665 des coefficients de réduction fournis par notre dernière table d'expériences, et qui suppose à la constante K une valeur 2,262, très-voisine de celle 2,475 que nous lui avons trouvée pour les longs tubes, quoiqu'elle lui soit encore inférieure par suite des causes anomales précitées. Si l'on adopte, au contraire, le coefficient de contraction $\mu = 0,564$ fourni par nos dernières expériences, en mince paroi, où il ne devait exister aucune cause de trouble, on trouve $\mu' = 0,76$, et tel nous paraît devoir être, à très-peu près, le coefficient de réduction maximum de la dépense ou de la vitesse, dans le cas des courts ajutages, sous des différences de pressions équivalentes à 1 atmosphère.

» Enfin, si l'on applique pareillement la formule qui donne μ', aux expériences citées de MM. Lagerhjelm et d'Aubuisson, sur les courts ajutages, en y supposant successivement $\mu = 0,584$ et $\mu = 0,65$, on obtient : 1° $\mu' = 0,78$, au lieu des coefficients 0,84 et 0,72 fournis par les deux expériences anomales du premier de ces observateurs; 2° $\mu' = 0,84$, au lieu de 0,926, moyenne des résultats obtenus par le second. Mais, si conformément aux observations ci-dessus, l'on adopte, d'après l'expérience de M. Girard,

relative aux très-petites charges et aux minces parois, $\mu = 0,714$, on trouve, pour ce dernier cas, $\mu' = 0,89$; ce qui confirme la conséquence déduite du rapprochement des mêmes observations.

» D'après cela, il nous paraît donc impossible, même en se bornant au petit nombre des faits précédents, de révoquer en doute, pour le cas qui nous occupe, la légitimité de la méthode d'après laquelle Borda, dans son remarquable Mémoire de 1766, a proposé d'évaluer la perte de force vive, et l'on ne peut qu'être surpris autant qu'affligé, dans l'intérêt des applications de la science, de voir les auteurs déjà mentionnés, probablement mal éclairés à cet égard, nier les conséquences d'un principe aussi solidement établi. Je rappellerais d'ailleurs à ce sujet, s'il était nécessaire, que, dans les nombreuses applications que j'ai eu à faire de ce même principe, à l'appréciation des effets des machines où l'air et l'eau étaient mis en mouvement, les résultats du calcul se sont toujours accordés convenablement avec ceux de l'observation directe. Bientôt d'ailleurs, je l'espère, il me sera possible de publier les données des nombreuses expériences exécutées à Toulouse, par M. Castel et par moi, dans les années 1840 et 1841, en vue de vérifier, d'une manière plus spéciale, la perte de force vive produite par les étranglements de diverses grandeurs, dans les vases où circulent les liquides; et alors, je me plais à le croire, la conviction intime que j'ai toujours eue de l'exactitude de cette même expression, et que partagent aussi tous ceux qui ont consenti à en faire des applications, deviendra assez générale pour que cette exactitude, désormais à l'abri de toute discussion, soit mise au nombre des faits les mieux établis.

» On sait d'ailleurs qu'avant Borda, Daniel Bernoulli, dans son immortelle *Hydrodynamique*, avait aussi reconnu l'existence d'une perte de force vive ou de charge motrice dans les changements brusques de section des vases; perte d'abord démontrée par une curieuse et célèbre expérience de Mariotte. Bernoulli, en effet, avait parfaitement senti qu'il se passe ici quelque chose d'analogue à ce qui a lieu dans la rencontre des corps privés de toute élasticité, et cela en vertu même du principe de la conservation du mouvement du centre de gravité ou de son analogue relatif aux échanges des pressions et des quantités de mouvement; mais il n'avait pas osé en tirer la conséquence, admise depuis par Borda, que la perte de force vive est justement mesurée par la force vive due à la *vitesse perdue*, et il se borna à l'estimer, pour les fluides, d'après la différence même des forces vives qui ont lieu avant et après le changement brusque; principe qui a été admis ensuite par Dubuat, Bossut et leurs successeurs MM. Eytelwein, d'Aubuisson, etc., malgré les ingénieuses expériences de Borda, pour éta-

blir le vice et l'inexactitude de cette doctrine, de laquelle il résulterait, par exemple, pour le cas qui nous occupe, que l'on devrait substituer à l'expression

$$1 + \left(\frac{1}{\mu} - 1\right)^2, \text{ celle-ci } \frac{1}{\mu^2},$$

pour les courts ajutages, en changeant implicitement l'acception de μ, qui devient ainsi le coefficient de réduction même fourni par l'expérience. Or, sans insister ici sur les erreurs auxquelles cette manière de raisonner a pu conduire dans quelques cas, il est évident qu'une formule qui, au point de départ, et pour le cas le plus simple, est impuissante à rien découvrir en se fondant sur le fait primitif et bien connu de la contraction intérieure, est par là même dénuée de tout caractère de certitude et d'utilité.

» Nous avons un peu insisté sur cette discussion et les précédentes, parce qu'elles tendent à éclaircir un point fondamental et d'autant plus important de la théorie de l'écoulement des gaz, qu'elles nous permettront de poser, avec confiance, et en attendant des observations encore plus précises, des règles pratiques pour calculer le volume de la dépense des orifices en minces parois planes et des tubes de divers diamètres ou longueurs; mais, auparavant, il paraît indispensable de présenter brièvement quelques autres remarques également essentielles pour l'objet qui nous occupe.

» Observons d'abord que les légères incertitudes qui pourraient exister sur la véritable valeur de la constante K, qui entre au dénominateur de la formule (1) relative à la dépense par les longs tubes complétement ouverts aux extrémités et sans étranglements intérieurs, ne pourrait exercer qu'une influence négligeable dans les cas d'application où leur diamètre serait, au plus, le $\frac{1}{1000}$ de leur longueur; qu'ainsi la discussion qui précède, relative à l'influence de la perte de force vive à l'entrée, leur est à peu près étrangère, et ne devrait être prise en considération qu'autant qu'il s'agirait de tubes fort courts, ou dans lesquels les rétrécissements seraient beaucoup plus grands ou plus multipliés que ne le suppose la simple contraction, la déviation même du jet, existantes à l'embouchure de ceux que M. Pecqueur a soumis à ses belles et nombreuses expériences. Quant aux défauts inhérents au bosselage des tuyaux, à leur réduction de section intérieure, ils deviendront moins apparents pour des conduites d'un grand diamètre, et, dans tous les cas, comme on l'a vu, leur influence ne peut que tendre à accroître un peu les pertes de force vive ou la constante K, dont, au surplus, on diminuerait de 0,55 environ la valeur, si l'on évasait convenablement l'embouchure des conduits.

» D'un autre côté, l'erreur commise sur l'appréciation du diamètre des tubes soumis à l'expérience, et l'effet même de leur dilatation sous l'influence des changements de température, n'ont pu qu'être insensibles d'après le mode et les circonstances du mesurage. Nous avons également fait observer, au commencement de cette Note, que les corrections à apporter dans les formules (1) et (3) qui servent à calculer les dépenses, relativement aux pressions et aux températures, ne pouvaient qu'introduire dans les résultats un facteur numérique plus ou moins voisin de l'unité, et qui, en effet, n'exercerait aucune influence appréciable, s'il était permis d'admettre, comme on l'a fait dans les calculs, que les températures du grand récipient et du magasin ou réservoir alimentaire fussent demeurées égales à celles du dehors; mais il paraît évident qu'il n'en a pas dû être ainsi, puisque la pression, dans ce réservoir, a diminué graduellement pendant la durée des expériences, de manière à passer, dans un intervalle souvent moindre d'une minute, de $2\frac{3}{4}$ à 2 atmosphères.

» Une observation dans laquelle M. Pecqueur et moi avons tenu note du relèvement de la pression finale dans le magasin, après l'écoulement de l'air qui avait servi à l'une des dernières expériences sur l'orifice de $0^{m},0145$, et dont le résultat moyen se trouve rapporté plus haut, cette observation, dis-je, nous a convaincus que l'abaissement de la température extérieure a dû être appréciable, puisqu'elle correspondait à un relèvement de tension de 0,08 environ d'atmosphère, provenant du réchauffement même de la masse fluide au travers de l'enveloppe. Le calcul approximatif que, depuis, j'ai établi sur cette donnée, d'après quelques hypothèses plus ou moins plausibles, tendrait à prouver que la réduction à faire subir au coefficient μ de la contraction, pour les orifices en minces parois et des différences de pressions équivalentes à 1 atmosphère, pourrait s'élever aux 0,06 environ de la valeur 0,564 qui lui a été attribuée précédemment, ce qui donnerait $\mu = 0,53$ seulement. Mais ce calcul ne tient pas compte de l'échauffement produit antérieurement par le refoulement de l'air dans le magasin, ainsi que de plusieurs autres circonstances favorables tendant à diminuer le chiffre ci-dessus de la réduction : ce chiffre s'applique, en effet, à l'une des expériences où l'influence du refroidissement a dû être le plus considérable, et nous l'avons choisie de préférence, dans la vue de reconnaître s'il y avait lieu de modifier les conséquences auxquelles on est conduit, d'après l'ensemble des résultats obtenus par M. Pecqueur; résultats dont l'accord satisfaisant, soit entre eux, soit avec les faits antérieurement connus, permettrait d'espérer une solution usuelle et suffisamment approchée des questions relatives à l'é-

coulement de l'air par les orifices des vases et des conduits. En attendant, nous pouvons tirer du rapprochement de ces différents faits, quelques conséquences dont la plus importante se rapporte aux lois, aux circonstances physiques mêmes qui accompagnent l'écoulement des gaz, et sur lesquelles je n'ai point jusqu'ici insisté.

» M. Navier, dans un Mémoire déjà cité, est parvenu à une série de remarquables formules, en se fondant sur l'hypothèse que, pendant leur écoulement, les gaz se détendent exactement suivant la loi de Mariotte; ce qui revient à supposer que le rayonnement des parois et la chaleur qu'elles reçoivent de l'espace extérieur ou des corps environnants, maintiennent ces gaz à une température à très-peu près constante. MM. de Saint-Venant et Wantzel ont déjà démontré, dans un intéressant Mémoire inséré en 1839, au XXVIIe Cahier du *Journal de l'Ecole Polytechnique,* en s'appuyant du résultat de leurs propres expériences, que les formules de M. Navier, outre qu'elles conduisent à quelques difficultés d'interprétation, n'étaient point conformes aux effets naturels lors des fortes différences de pressions; mais l'appareil employé par ces savants ingénieurs, dans cette circonstance, et celui dont ils se sont servis postérieurement (*), en vue de découvrir les lois de l'écoulement de l'air par les orifices percés en parois plus ou moins minces, ne leur ont pas permis d'arriver, même pour ce cas simple, au résultat général que les précédentes expériences de M. Pecqueur mettent en parfaite évidence, et qui est relatif à la suppression de toute détente ou dilatation avant l'arrivée du fluide dans l'espace extérieur.

» Celles que j'ai exécutées, de concert avec cet habile constructeur, le 21 juin dernier, sur des orifices de cette espèce et sous des différences de pressions équivalentes à 1 atmosphère, ces expériences montrent, en particulier, malgré la légère incertitude existante sur les effets du refroidissement de l'air dans le magasin, que la formule logarithmique de M. Navier, relative à ce cas, ne saurait être admise pour calculer la dépense; car, afin d'en faire coïncider les résultats avec ceux de l'expérience, il conviendrait de lui appliquer un coefficient de réduction qui, d'après le calcul, serait à très-peu près, 1,7 fois celui qui se rapporte aux formules (3) relatives à l'hypothèse de l'incompressibilité, c'est-à-dire $1{,}7 . 0{,}564 = 0{,}96$, ou, tout au moins, $1{,}7 . 0{,}53 = 0{,}90$. Or de pareils résultats sont tout à fait en désaccord avec les notions théoriques et expérimentales acquises sur la contraction des veines gazeuses ou liquides au sortir des réservoirs de compression; ils supposeraient

(*) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences,* tome XVII (1843), page 1140.

la destruction progressive de toute courbure des filets dans la veine, courbure qui maintient la pression dans l'orifice, à une valeur qui diffère très-peu de la pression motrice entière, comme on le sait par des expériences de plus d'une espèce. Il paraît, au contraire, évident que les effets de contraction dépendent principalement de la forme géométrique du réservoir ou de l'orifice, et croissent même avec la pression, comme il arrive pour les liquides; cette circonstance suffit pour expliquer la constance de la densité, avant l'instant où le fluide, parvenu à la section pour laquelle la contraction devient la plus forte, animé d'ailleurs de sa vitesse totale, va s'épanouir ou se détendre par une sorte d'explosion que le refroidissement et la condensation des vapeurs rendent très-sensible à l'œil.

» Au surplus, les phénomènes de contraction peuvent être observés pour la vapeur d'eau, aussi bien que pour les gaz permanents, à toutes températures ou à toutes pressions, et il y a tout lieu de supposer que l'écoulement s'y opère aussi, sans aucune détente et à la manière des liquides. Mais, si les phénomènes dont il s'agit rendent le fait évident pour le cas de l'écoulement par les orifices en minces parois, on ne saurait l'expliquer aussi facilement pour celui où l'écoulement s'opère dans les longs tubes soumis à l'expérience par M. Pecqueur; car les mêmes principes qui conduisent à l'équation (1) pour calculer la dépense de gaz par ces tubes, montrent aussi que la pression moyenne qui, d'abord, atteint sa valeur minimum dans l'espace où s'opère la contraction de la veine, croît ensuite très-rapidement par l'effet de la courbure des filets, dirigée en sens inverse, pour finir par décroître lentement et progressivement en raison des frottements, jusqu'au débouché du tube où on la suppose ordinairement égale à la pression extérieure.

» Or, le mouvement dans toute cette dernière partie, dont l'étendue, selon nos expériences sur les simples ajutages, est, à 2 diamètres près, égale à la longueur entière du tube, ce mouvement étant uniforme et parallèle, doit permettre d'assimiler l'effet des pressions à celui qui aurait lieu dans un espace relativement en repos; de sorte que, d'après les notions généralement admises sur les propriétés statiques des fluides gazeux, la diminution progressive de ces pressions devrait être suivie d'une détente que le rayonnement des parois, s'il était appréciable pour des mouvements aussi rapides, ne pourrait qu'augmenter encore. On est donc contraint d'admettre, ou que, par des causes jusqu'ici inexpliquées, la diminution de la pression *moyenne,* causée par le frottement du gaz le long du tube, produit un abaissement proportionnel de la température, de manière à maintenir la densité constante d'après les lois combinées de Mariotte et de Gay-Lussac,

ou que ce frottement lui-même n'a pour effet que de produire des vibrations, des rotations moléculaires qui ne modifient pas sensiblement la pression et la densité, de sorte qu'ici encore, la perte de force motrice ne serait que de la force vive dissimulée; ou bien, ce qui est moins satisfaisant pour l'esprit, mais moins hasardé peut-être, les effets calorifiques et dynamiques se balanceraient assez pour masquer, dans les formules et lorsqu'il s'agit seulement de tubes de 68 mètres de longueur, ceux qui accompagnent d'ordinaire la diminution de densité des gaz.

» D'ailleurs, il y a tout lieu de croire que des compensations analogues s'opèrent dans l'écoulement de la vapeur d'eau au travers des tubes, même quand ils sont métalliques et d'une certaine longueur. Enfin on sait que, malgré les savantes recherches des géomètres et des physiciens, on ne possède pas encore des idées bien arrêtées sur ce qu'on nomme la pression ou la température des fluides en mouvement, et que l'on manque aussi d'instruments propres à les apprécier avec une suffisante exactitude; car les manomètres, les piézomètres et les thermomètres, à cause des effets dynamiques qu'ils provoquent ou de leur peu de sensibilité, ne sauraient être employés, même dans le cas de mouvements uniformes un peu rapides.

» En résumé, et en attendant de nouvelles vérifications expérimentales, nous conclurons de l'ensemble des discussions et des faits exposés dans la présente Note :

» 1°. Que les gaz suivent, dans leur écoulement au travers des orifices et des tubes, entre des limites étendues de pressions ou de longueurs de ces tubes, les mêmes lois que pour les liquides ou que s'ils étaient parfaitement incompressibles;

» 2°. Qu'ils éprouvent aussi les mêmes contractions et pertes de forces vives, dont les dernières sont indiquées, d'une manière suffisamment approchée, par les méthodes de l'illustre Borda;

» 3°. Que, pour les orifices en minces parois, très-petits par rapport aux dimensions transversales du réservoir et dont les gaz s'écouleraient sous une pression constante, le coefficient μ de la *contraction* extérieure de la veine, applicable aux formules (3), qui fournissent la dépense par seconde, est approximativement

0,71, 0,65, 0,58, 0,56 ou 0,55

sous des différences de pressions équivalentes à

0,003, 0,010, 0,050, 1,000

fois la pression extérieure respectivement, l'orifice se trouvant d'ailleurs par-

faitement isolé des faces latérales du réservoir, ou la contraction étant ce qu'on nomme *complète ;*

» 4°. Que, sous les mêmes charges ou pressions relatives, le coefficient μ ou μ' de *réduction* de la vitesse et de la dépense, applicable aux formules (3), est, pour les mêmes orifices, muni d'un court ajutage, sensiblement représenté par la formule (4);

» 5°. Enfin, que, pour les gaz s'écoulant sous les mêmes conditions, au travers de longs tubes, sans obstacles ni rétrécissements intérieurs plus ou moins brusques, et qui débouchent librement dans une capacité extérieure, très-grande, où le gaz est maintenu à une pression constante, la dépense et la vitesse peuvent être calculées au moyen des formules (1) et (2), sans coefficients de réduction, et en y supposant aux constantes K et β les valeurs

$$K = 1,1\left[1 + \left(\frac{1}{\mu} - 1\right)^2\right], \quad \beta = 0,003,$$

dans la première desquelles on substituera, pour le coefficient μ de contraction relatif à l'orifice d'introduction, les valeurs qui se trouvent indiquées ci-dessus.

» En terminant, nous ferons observer que ces conclusions viennent confirmer et corroborer, d'une manière remarquable, les opinions ou assertions émises dans deux Notes insérées aux pages 1058 et 1094 du tome XVII des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences* (année 1843), Notes qui avaient trait à une discussion relative au mode de calculer le travail et la pression dans le cylindre des machines à vapeur, en tenant principalement compte des frottements, des pertes de force vive que le fluide éprouve dans son passage de la chaudière au cylindre, et de celui-ci au condenseur. Ces assertions, fondées sur l'observation de faits assez nombreux et l'accord satisfaisant des données immédiates de l'expérience et du calcul, avaient besoin d'une justification plus absolue, et qui nous a été offerte par les utiles travaux de M. Pecqueur. Les conséquences qui se déduisent de l'ensemble des résultats obtenus laissent, à la vérité, encore quelques incertitudes, du moins quant à la détermination de certains coefficients ou facteurs numériques des formules; mais il y a tout lieu d'espérer, grâce au généreux dévouement de M. Pecqueur pour les intérêts de la science et de l'industrie, que cette détermination pourra prochainement être soumise à une vérification plus directe et plus précise, de manière à fixer entièrement l'opinion du public et de l'Académie. »

GÉOMÉTRIE. — *De quelques propriétés des arcs égaux de la lemniscate;* *par* M. CHASLES.

« Les propriétés des arcs d'une section conique dont la différence est rectifiable donnent lieu à quelques propriétés des arcs d'une lemniscate qui ont même longueur. Mais dans les sections coniques, c'est la considération des tangentes à la courbe, menées par les extrémités des arcs comparés, qui donne lieu aux propriétés que j'ai fait connaître (1); et dans la lemniscate, les propriétés correspondantes s'appliquent non pas aux tangentes, mais aux droites menées par les extrémités des arcs, perpendiculairement aux rayons vecteurs qui partent du centre de la courbe et aboutissent à ces points.

» Voici comment la considération de ces normales aux rayons vecteurs, et les propriétés des arcs *égaux* qui s'y rapportent, dérivent des propriétés des arcs de section conique *qui ont leur différence rectifiable.*

» La lemniscate est le lieu des pieds des perpendiculaires abaissées du centre d'une hyperbole équilatère sur les tangentes à cette courbe. En outre, les rayons vecteurs de la lemniscate et de l'hyperbole, issus du centre commun des deux courbes, et de même direction, ont leur produit constant. Ces deux propriétés de la lemniscate sont connues; j'y joindrai celle-ci, qui va nous être utile: *Le rayon vecteur et sa normale, menés par un point de la lemniscate, déterminent sur l'hyperbole deux points qui sont situés sur une même ordonnée;* c'est-à-dire que le point où la normale touche l'hyperbole est sur la même ordonnée que le point où le rayon vecteur rencontre cette courbe.

» Cela posé, les rayons vecteurs menés aux extrémités d'un arc de la lemniscate, étant prolongés, comprennent un arc de l'hyperbole, et les normales aux deux rayons vecteurs touchent l'hyperbole en deux points qui déterminent un second arc égal au premier; chacun de ces deux arcs peut être considéré comme le *correspondant* de l'arc de la lemniscate.

» Il y a entre les arcs de la lemniscate et leurs correspondants sur l'hyperbole, cette relation qui se démontre aisément :

» *A deux arcs égaux de la lemniscate correspondent sur l'hyperbole, deux arcs dont la différence est rectifiable.*

» C'est par suite de ce théorème, que les propriétés des arcs de l'hyper-

(1) Voir *Comptes rendus*, t. XVII, p. 838; année 1843.

bole dont la différence est rectifiable, donnent lieu à des propriétés des arcs *égaux* de la lemniscate; je me bornerai à énoncer ces propriétés.

» *Quand deux arcs d'une lemniscate sont égaux, les normales aux rayons vecteurs qui aboutissent aux extrémités de ces arcs forment un quadrilatère circonscriptible au cercle.*

» Il n'est peut-être pas sans intérêt de voir intervenir aussi directement le cercle dans les propriétés des arcs égaux de la lemniscate.

» *Etant pris sur une lemniscate plusieurs arcs égaux entre eux, si par les extrémités de chacun de ces arcs on mène les normales aux rayons vecteurs qui aboutissent à ces points, et qu'on prenne le point de concours de ces normales, tous ces points de concours seront sur une hyperbole décrite des mêmes foyers que l'hyperbole équilatère qui a servi à former la lemniscate.*

» Ce théorème fournit une construction très-simple pour déterminer sur la lemniscate des arcs égaux à un arc donné, et, par conséquent, des arcs multiples, et aussi pour déterminer un arc égal à la somme ou à la différence de deux arcs donnés.

» *Si, à partir d'un point de la lemniscate on prend, de part et d'autre, deux arcs égaux entre eux, mais d'une longueur quelconque, et que par les extrémités de ces deux arcs on mène les normales aux rayons vecteurs qui aboutissent à ces points, le lieu géométrique du point de concours de ces deux normales sera une ellipse décrite des mêmes foyers que l'hyperbole équilatère correspondante à la lemniscate.*

» Par chaque point d'une lemniscate, on peut mener un cercle tangent à la courbe en ce point et passant par le centre de la courbe. Ces cercles donnent lieu à quelques propriétés.

» *Étant pris sur une lemniscate plusieurs arcs égaux, si par les extrémités de chacun d'eux on mène les deux cercles tangents à la courbe en ces points, respectivement, et passant par le centre, le point d'intersection de ces deux cercles aura pour lieu géométrique une espèce de lemniscate qui sera le lieu des pieds des perpendiculaires abaissées du centre de la courbe sur les tangentes à une hyperbole non équilatère.*

» *Étant pris sur une lemniscate deux arcs égaux, si par leurs extrémités on mène quatre cercles tangents à la courbe en ces points, respectivement, et passant tous quatre par le centre de la courbe, ces quatre cercles seront tangents à un même cercle.*

» On a coutume de considérer la lemniscate comme engendrée dans l'hyperbole équilatère, ainsi qu'il a été dit au commencement de cette Note; je

ne sais si l'on a remarqué que cette courbe si célèbre prend naissance aussi dans le cercle, d'une manière très-simple :

» *Qu'autour d'un point pris au dehors d'un cercle, à une distance du centre égale au rayon multiplié par* $\sqrt{2}$, *on fasse tourner une droite, et qu'on porte sur cette droite, à partir du point, un segment égal à la corde qu'elle détermine dans le cercle, ce segment sera le rayon vecteur d'une lemniscate.* »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réfutation des théories établies par* M. de Mirbel *dans son Mémoire sur le* Dracæna australis (Cordyline australis); *par* M. **Charles Gaudichaud.** (Sixième partie.)

« Dans le Mémoire qui nous occupe, on ne parle plus des racines auxiliaires et des filets qu'elles envoient sur le stipe; de la vitalité qui se réfugie aux deux extrémités; ce qui, d'après l'auteur, n'empêche pas les tissus vasculaires des racines de monter à travers la partie moyenne du stipe (tout inactive ou presque morte qu'on la suppose) jusqu'au sommet, et de se mettre en rapport avec les feuilles naissantes ou autres; des fentes horizontales qui se produisent au centre du phyllophore, des ampoules qui en résultent, etc., etc. Mais on dévoile un tissu générateur destiné à composer les filets ligneux, et l'on exhume un vieux mot, encore plus privé de valeur que ceux de TISSU GÉNÉRATEUR et de CAMBIUM, à l'aide duquel on nous présente, une fois encore, une théorie depuis longtemps tombée en désuétude et justement abandonnée.

» Je veux parler du collet, ou prétendu point vital des grands végétaux, et des facultés génératrices qu'on lui attribue.

» Relativement au tissu générateur, tout ce qu'on nous en a dit dans ce Mémoire, et plus anciennement, est si vague, si dépourvu de preuves, qu'il nous a été difficile de nous rendre exactement compte des idées et des intentions de l'auteur, et presque d'y rien voir, d'y rien comprendre.

» En effet, nous trouvons, d'une part (*Compte rendu*, t. XIX, p. 690, ligne 3): « Que le plus grand nombre des filets du stipe, si ce n'est la totalité, naît à » la surface interne du phyllophore; » et, de l'autre (*Compte rendu*, p. 695, ligne 27): « Ainsi, nous voyons dans le *Dracæna*, comme nous l'avons vu » dans le Dattier, la partie la plus jeune des végétaux, et notamment celle » qui constitue les filets, croître, s'allonger et monter (à partir du collet) jus» qu'à l'extrémité du stipe, tandis que l'autre partie de ces mêmes filets » s'allonge et descend jusqu'à l'extrémité de la souche, etc. »

» En réunissant tout ce qui a été dit à ce sujet sur le Dattier, le *Cordyline,* etc., nous trouvons une bonne demi-douzaine d'origines ou de points de départ aux filets ligneux. En effet, dans le Dattier, les uns naissent de la périphérie interne du phyllophore et de toutes les hauteurs, et sont échelonnés de manière à produire des stipes cylindriques; les autres partent des racines auxiliaires et montent, pour ainsi dire à contre-courant, jusqu'au sommet des stipes, pour se mettre en communication avec la base des feuilles : les uns sont précurseurs, les autres capillaires; mais tous sont probablement de même nature sinon de même origine; car, dans le cas contraire, on ne comprendrait plus les reproches, peut-être trop sévères, adressés à ceux qui ont pensé autrement. Dans le *Dracœna australis* (*Cordyline australis*), ils paraissent être identiques partout, et naître, les uns de la périphérie interne du phyllophore, les autres du collet.

» Ceux-ci, qui se forment aux dépens de la partie excentrique du tissu générateur, montent par un bout jusqu'au sommet du stipe, où ils pénètrent dans le phyllophore, et descendent par l'autre jusqu'à l'extrémité de la souche.

» Je ne puis me tromper, messieurs, notre savant confrère a bien voulu dire que le point de départ de ces derniers filets est le collet, et qu'ils se constituent dans leur mouvement d'ascension d'un côté et de descension de l'autre, en s'appropriant, au-dessus et au-dessous de ce collet, les cellules modifiées d'avance, par la fusion du tissu générateur.

» J'avoue pourtant que j'ai quelque doute à donner cette interprétation, et que je serais heureux d'apprendre m'être trompé. Toutefois, il m'a été impossible de trouver une explication plus rationnelle.

» J'ai déjà dit mon sentiment sur le tissu générateur qui, d'après mes observations, comme aussi d'après celles de M. de Mirbel, si je l'ai bien interprété, se trouverait partout.

» Mais admettons, pour un instant, que le tissu générateur soit tel que M. de Mirbel l'a décrit, et vous allez tous comprendre que si c'est de ce tissu appartenant à la région corticale, que partent les filets ligneux des *Dracœna* (*Cordyline*), cela va tout naturellement nous ramener, sous ce rapport, c'est-à-dire pour les Monocotylés, au temps déjà si loin de nous, où l'on croyait le bois des Dicotylés formé par le liber, ou, autrement dit, par l'écorce.

» Des études microscopiques privées de tout principe d'anatomie et d'organographie ne pourraient nous égarer davantage.

» Mais si notre esprit est resté dans le doute relativement à ce qu'on nous a dit du tissu générateur, il n'en a pas été ainsi de ce qui concerne le collet.

Sur ce point, l'auteur, guidé par tous les savants écrits de l'antiquité, s'est montré plus explicite.

» Selon lui, de nouveau, le collet est évidemment, sinon un organe, du moins un centre générateur ou point vital (tous ces mots ont, pour moi, la même valeur négative), qui envoie ses filets, d'un côté, jusque dans le phyllophore, c'est-à-dire au sommet extrême des tiges, et, de l'autre, jusqu'à l'extrémité inférieure de la souche; sur cette souche il y a un grand nombre de racines, mais on garde le silence sur les causes de leur développement et sur leurs facultés organisatrices.

» Je me suis assez nettement expliqué sur l'origine et la composition de ces racines pour qu'il ne soit plus nécessaire de nous en occuper ici (1).

» Je devrais, je le sens bien, en faire autant pour le collet, sur lequel j'ai déjà dit toute ma pensée (*Comptes rendus*, séance du 28 avril 1845).

» Mais on m'oppose des principes que j'ai tout lieu de croire erronés; je dois les combattre par des principes contraires, selon moi plus évidents, et par des faits positifs et bien démontrés.

» Tous les botanistes savent que c'est du collet, ou, autrement dit, de la base du mérithalle tigellaire de l'embryon ou premier phyton engendré d'un végétal monocotylé ou dicotylé, que part la radicule ou racine phytonienne, et, en montant, le canal médullaire; et que ce collet n'est qu'un point organique individuel qui n'a aucune action sur les développements extérieurs.

» Mais admettons, pour un instant, que le collet du *Dracæna* (*Cordyline*) ait une puissance génératrice comme le suppose gratuitement notre savant confrère, et que de lui partent tous les filets montant sur le stipe ou tronc jusque dans le phyllophore; que deviendra cette hypothèse aussitôt que nous prendrons un végétal sans collet, par exemple une bouture semblable à celle que nous avons déjà examinée, même un tout petit fragment de tige, de rameau ou de racine de ce végétal (comme d'ailleurs de tous les autres), entièrement dégarni de bourgeons, de feuilles et de radicelles, et que nous placerons ce fragment, avec toutes les circonstances favorables à son existence, dans le sol?

» Nous savons que cette bouture produira des bourgeons, d'où naîtront

---

(1) Il sera, je pense, facile de prouver que les fonctions des racines sont relatives à leur organisation, et que leur organisation dépend fort souvent des milieux dans lesquels elles vivent. Il y a donc, sous ce double rapport, un grand nombre de sortes de racines. Dès que je pourrai aborder ce sujet important, je tenterai d'établir de fort curieux rapprochements, qui semblent exister entre les végétaux et les animaux vivant et respirant au sein des eaux, etc.

des tissus radiculaires que nous verrons descendre lentement, d'abord jusqu'au tiers de la longueur de cette bouture, puis jusqu'à son milieu et successivement jusqu'à sa base, où nous les distinguerons longtemps avant qu'ils aient produit des racines.

» Dans une tige de plante vasculaire, le collet est, je ne saurais trop le dire, un point idéal, fictif, seulement représenté au centre inférieur d'une tige, par la base tigellaire de l'embryon ou du premier phyton constitué du bourgeon. Je soutiens, en outre, que chaque phyton, ou, comme on le dit généralement, chaque feuille a réellement son collet particulier.

» Les considérations renfermées dans le Mémoire de notre savant confrère sur le collet du *Dracœna australis* (*Cordyline australis*), reposent donc, selon moi, sur une erreur de pensée depuis longtemps accréditée, sur un vieux mot qu'il faudra réunir à beaucoup d'autres, par exemple à ceux de CAMBIUM et de TISSU GÉNÉRATEUR, pour les rayer et les bannir ensemble, et à jamais, du vocabulaire de la science (1).

» Qu'est-ce, en effet, que le collet dans une greffe, dans une bouture, dans une décortication ou entaille circulaire et profonde, ainsi que dans mille autres cas, où l'on voit naître et descendre les tissus ou filets radiculaires :

» 1°. Par exemple de la greffe sur le sujet ;

» 2°. Du sommet d'un arbre ou d'un rameau jusqu'au bord supérieur d'une décortication ou entaille circulaire profonde, où ils s'accumulent et forment toujours un bourrelet qui s'accroît incessamment pendant de nombreuses années, tandis qu'il ne se forme rien au bord inférieur ;

» 3°. Sur les boutures avec ou sans bourgeons, spécialement sur celles que nous formons avec de simples fragments de feuilles, de rameaux, de tiges, de racines (celles-ci surtout), ou de n'importe quelles autres parties vivantes des végétaux ; parties sur lesquelles on voit successivement naître des bourgeons, et ramper les tissus radiculaires qui s'en échappent et gagnent insensiblement la base de ces fragments de végétaux, où ils sont généralement rendus et amoncelés avant qu'il y ait la moindre apparence de racine ou de souche, et conséquemment de collet (2)?

» Je ne cite que ces faits, messieurs, parce qu'ils sont connus de tout le

(1) Je me répète souvent, et c'est à dessein que je le fais, parce que je veux être bien compris, afin d'être combattu par les antagonistes de la doctrine phytonienne ou des mérithalles sur un terrain connu de tout le monde et complétement éclairé.

(2) Je sais d'avance les objections qui me seront faites à ce sujet, et d'avance je m'engage

monde, mieux de M. de Mirbel que de n'importe qui, et parce qu'ils sont concluants. Je pourrais vous en signaler mille autres, non moins simples, non moins évidents, si je ne sentais le besoin d'abréger et si je n'étais bien convaincu d'ailleurs que ceux-ci suffiront pour former vos convictions et vous faire partager les miennes.

» Les filets qui, selon notre savant confrère, montent de la périphérie interne du phyllophore, du collet ou des racines auxiliaires et vont pénétrer dans les feuilles naissantes, ce qui produit, toujours d'après la même autorité, l'accroissement en hauteur des tiges ou stipes; ceux qui, conséquemment, montent du sujet dans la greffe, etc., n'ont pas, à ce qu'il paraît, la même faculté ascendante pour gagner le bord inférieur d'une plaie quelconque, d'une décortication circulaire partielle ou générale, puisqu'on ne les y trouve jamais.

» On nous dit qu'à partir du collet, dans les *Dracæna* (*Cordyline*), tous les filets descendent vers la souche.

» Mais comme les vrais *Dracæna* n'ont pas de souche, mais bien de fortes et très-grosses racines, il est très-probable qu'on fera également partir les filets qui les composent et les augmentent incessamment d'un collet quelconque.

» Les filets descendent, sans nul doute, du collet sur la souche et dans les racines, mais ils ne partent pas du collet, qui n'est qu'un point idéal, mais bien des tiges, et avant tout des bourgeons.

» Mais enfin nous sommes d'accord, notre savant confrère et moi, sur ce point, qu'il n'y a dans les racines et les souches que des filets descendants quelconques. Mais, dans ce cas, et surtout dans celui de boutures formées de racines, comme dans mille autres, d'où ce savant fera-t-il arriver les filets des bourgeons qui s'engendrent naturellement sur les racines entières et encore fixées à l'arbre ou détachées et même divisées en tronçons ou simples rondelles, puisque ces parties ne se composent que de filets descendants? Après les avoir fait descendre, les fera-t-on remonter?

» Si les bourgeons, qui naîtront sur ces racines ou fragments de racines, sont, dans l'origine, tout composés de tissus cellulaires;

» Si, de plus, les premiers filets qui apparaîtront dans ces bourgeons, nés de racines entières ou divisées, sont d'une nature différente de ceux qui forment ces racines, ne sera-t-on pas bien obligé d'admettre que ces derniers

---

à les combattre par des faits et des principes évidents, et qui, en même temps, nous donneront de nouvelles preuves matérielles de la descension.

filets, dont on ne trouve aucune trace sur les boutures, sont de nouvelle origine et engendrés par les phytons?

» Et si, lorsque ces bourgeons seront constitués et qu'ils commenceront leur évolution, on trouve que les filets radiculaires de la bouture se sont accrus de nouveaux filets de même nature, mais plus déliés, c'est-à-dire plus jeunes, ne sera-t-on pas aussi forcé de reconnaître que ces derniers proviennent des bourgeons, et, de proche en proche, n'arrivera-t-on pas à la démonstration complète de ce fait, que tout s'organise dans les bourgeons et avant tout dans les phytons qui les composent, et qu'au fur et à mesure qu'il se produit de nouveaux phytons, le bourgeon s'exhausse, la tige, la souche ou les racines grandissent en toutes proportions, sans collet et conséquemment sans filets ascendants?

» Il restera, je le prévois bien, pour expliquer ces faits, selon moi si simples et si naturels, le tissu générateur; mais ce tissu, tout puissant qu'on le suppose, ne fera pas remonter, dans les bourgeons naissants, les filets radiculaires que la nature a destinés à descendre et dont, par des centaines de preuves matérielles, nous vous avons démontré la force constante, invariable et irrésistible de descension.

» Les bourgeons qui naissent sur des boutures de fragments de racines ou sur des parties ligneuses uniquement composées de tissus cellulaires et de filets descendants, sont donc, dans l'origine, entièrement cellulaires, et ce n'est que plus tard qu'y apparaissent des filets d'une nature distincte. Ces premiers filets qui se créent dans les phytons naissants, caractérisent ce que j'ai nommé le système ascendant: système dont on connaît maintenant la nature et l'organisation; tandis que d'autres filets qui se montrent un peu plus tard et qu'on voit descendre des bourgeons, ramper sur les boutures et croître, de plus, par leur partie inférieure, caractérisent le système descendant, radiculaire ou ligneux.

» Si donc rien ne monte des racines et des boutures, formées de fragments de racines (1) dans les bourgeons, il est clair que tout s'organise dans ces bourgeons, et le système ascendant qui produit l'accroissement en hauteur, et le système descendant qui produit l'accroissement en largeur. Ces deux effets sont évidents partout, et les preuves, si vous en voulez, et tant que vous en voudrez, ne feront pas défaut. Je vous en ai déjà montré une

---

(1) Toutes les autres boutures sont exactement dans le même cas. Je déclare que, dans toutes les expériences que j'ai tentées, je n'ai jamais rien vu monter, si ce n'est le système ascendant, et que rien ne peut démontrer l'ascension des accroissements ligneux.

incontestable, fournie par une bouture de *Cordyline australis,* et je suis prêt à vous en présenter beaucoup d'autres.

» Ne nous arrêtons donc pas davantage sur des théories qui, n'ayant pas un seul fait évident pour base, ne reposent que sur des observations microscopiques, d'ailleurs bien faites, du moins j'aime à le croire, même au détriment des miennes, mais insuffisantes et complétement stériles, surtout dans ce cas particulier.

» Il y a longtemps que les observateurs sérieux, dégoûtés par les inutiles efforts de près d'un siècle de labeur et d'infructueux essais, ont fait justice de ce moyen pour des recherches anatomiques, organographiques et physiologiques prises dans leur véritable signification.

» J'ai assez longuement, sinon assez clairement, développé les nouveaux principes de phytologie que je défends, pour qu'il ne soit plus nécessaire d'y revenir.

» Cependant, qu'il me soit encore une fois permis de dire que M. de Mirbel considère un végétal comme un individu simple, et que je le regarde, moi, avec Aubert du Petit-Thouars et cent autres botanistes, comme un assemblage d'individus.

» En effet, pour M. de Mirbel, si j'ai bien su l'interpréter, un végétal monocotylé, par exemple un *Dracæna australis* (*Cordyline australis*), est un être unique, d'où sortent des feuilles et naturellement des rameaux, des fleurs, des fruits et des racines; un individu à part, homogène, sans type organique possible, jouissant seulement du pouvoir de former dans son sein des tissus cellulaires, et qui, au moyen d'un phyllophore, d'un tissu générateur (qui probablement est destiné à remplacer le cambium), d'une périphérie interne (qui me paraît digne d'entrer en ligne de compte, quoiqu'elle soit encore problématique), d'un collet, et parfois de racines auxiliaires, etc., etc., a la faculté de donner naissance à des filets qui, quoique de plusieurs origines ou sources, sont partout de nature identique, et dont par conséquent les uns proviennent de la périphérie interne du phyllophore et montent dans les feuilles, et les autres du collet et peut-être aussi des racines auxiliaires; ceux-ci ne différant des premiers qu'en ce qu'ils jouissent de la double faculté de s'allonger par les deux bouts, c'est-à-dire de monter, d'un côté, depuis le collet jusqu'au sommet des tiges ou stipes, dans le phyllophore et de là dans les feuilles; et, de l'autre, de descendre de ce collet jusqu'à l'extrémité des souches et non dans les racines (1).

---

(1) L'Académie se souvient que M. de Mirbel, dans son Mémoire sur le Dattier, fait mon-

» En sorte que ces derniers filets, qui sont partout de même nature, ont leur point de départ au collet, s'allongent simultanément ou alternativement par le haut et par le bas (1).

» Il est bien clair, d'après cela, que si M. de Mirbel faisait un peu descendre les filets qu'il fait naître dans le phyllophore, il ne ferait que reproduire les premières idées de l'illustre Aubert du Petit-Thouars, idées que, fort heureusement, ce digne savant a eu le temps de rectifier lui-même.

» Nous sommes en mesure de prouver que, sous le rapport organographique, le collet est un être imaginaire; constatons cependant que M. de Mirbel fait descendre, à partir, par exemple, de la limite du sol, les filets jusqu'à la base des souches; nous aurons l'explication des causes produisant les racines, et il ne nous restera plus qu'une tâche à remplir, vis-à-vis des personnes qui ne sont pas encore convaincues, celle de prouver que ces filets descendent de beaucoup plus haut que tout ce qu'on pourra regarder comme le collet, et, en les suivant de proche en proche, qu'ils proviennent bien réellement des bourgeons.

» D'après la nouvelle théorie que nous combattons, les filets ne sont plus échelonnés, et en quelque sorte imbriqués sur le stipe, comme on l'a décrit pour le Dattier, dans le but d'expliquer la forme cylindrique de ce palmier; et il n'est plus question de ceux qui, d'après le même travail, partent des racines auxiliaires. C'est le collet qui est l'organe générateur par excellence, et c'est de lui que partent, pour descendre par un bout et monter par l'autre, peut-être tous les filets qui composent le végétal; ce qui n'empêche pas pourtant ces mêmes filets, ou d'autres, de partir de l'énigmatique périphérie interne et de toutes les hauteurs.

» Les filets, à la fois ascendants et descendants, s'organisent de proche en proche dans le tissu générateur et à ses dépens; leur partie ascendante monte jusqu'au sommet des stipes où elle pénètre dans le phyllophore; là elle se divise en deux ou plusieurs rameaux qui se dirigent isolément à la rencontre des plus jeunes feuilles de la partie centrale du bourgeon et vers celles qui se trouvent situées de l'autre côté de la tige, et dans lesquelles elle

---

ter des filets de toutes les racines auxiliaires sur le stipe. Il est regrettable qu'il ne nous ait rien dit des facultés quelconques de celles du *Cordyline australis*.

(1) Mais si les filets du *Cordyline australis*, dont nous connaissons maintenant toutes les origines, sont partout de même nature, comme dans le Dattier (*Comptes rendus*, tome XVI, page 1230, lignes 28 à 31), pourquoi ceux qui partent de la périphérie interne du phyllophore ne descendraient-ils pas aussi un peu par leur extrémité inférieure, ainsi que l'ont primitivement pensé Aubert du Petit-Thouars et beaucoup d'autres anatomistes?

finit toujours par pénétrer, en les poussant de bas en haut, ce qui, selon notre savant confrère, détermine l'accroissement en hauteur du stipe. L'accroissement en largeur est produit par l'ascension, à partir du collet, de ces mêmes filets.

» Je déclare qu'on ne peut rien accepter de tout cela.

» Pour moi, messieurs, aujourd'hui vous le savez tous, mais je vous demande la permission de le redire une fois encore, un *Cordyline australis*, comme tout autre végétal vasculaire, est un assemblage d'êtres ou phytons, ayant des caractères particuliers, individuels, souvent distincts, mais organisés sur un même plan ou type naturel, et susceptibles de modifications infinies dans leur composition, leur développement, et conséquemment dans leurs fonctions.

» Ces individus, phytons ou protophytes, jouissent de la faculté de se former et de se développer, à des degrés divers, les uns après les autres, et ont tous, d'une manière plus ou moins tranchée, une composition mérithallienne qui détermine l'accroissement en hauteur, et pour se greffer entre eux et produire l'accroissement en largeur, des filets radiculaires dont le nombre, la nature, les dimensions et les modifications sont relatifs au degré d'organisation ou de complexité des tissus phytoniens qui les produisent.

» D'après ces principes, un premier phyton s'engendre. Il a son organisation et ses fonctions particulières.

» Celui-ci en produit un second, qui a généralement une composition un peu plus complexe, mais à lui, ainsi que les fonctions qui lui sont dévolues.

» Du second phyton il en naît un troisième, du troisième un quatrième, du quatrième un cinquième, etc., qui, encore tout réduits, s'agencent et se lient de différentes manières avant de se developper, mais qui, tous, ont leur degré spécial de composition et leurs fonctions individuelles. De la superposition des mérithalles tigellaires libres ou diversement enchevêtrés (1), mais persistants de tous ces individus, dont les appendices foliacés meurent et se détachent, résulte l'accroissement en hauteur des tiges ou stipes. Le premier individu a sa radicule ou racine particulière; le second, qui a souvent aussi sa radicule distincte, émet plus ordinairement des filets radiculaires qui pénètrent le mérithalle tigellaire inférieur, à la base duquel ils vont for-

(1) Nous avons évité, à dessein, d'entrer dans les détails trop minutieux de ces enchevêtrements qui sont très-variables, et pour ainsi dire spéciaux pour chaque groupe ou type naturel. Nous en avons pourtant figuré quelques-uns dans notre *Organographie*.

mer une seconde racine, si toutefois ils ne pénètrent pas dans la première, ainsi qu'on le remarque dans une foule de cas.

» Le troisième agit de même, relativement au second et au premier; les quatrième et cinquième en font autant, et comme tous ces filets radiculaires des phytons descendent en rampant à la surface les uns des autres, entre les filets radiculaires précédemment formés et l'écorce quelconque du végétal, il en résulte que tous les individus qui reposent les uns sur les autres se greffent tous de haut en bas, et que l'écorce est repoussée au dehors. D'où l'accroissement en largeur du corps ligneux.

» Ce phénomène des premiers développements est le même pendant toute la vie du végétal. En sorte que les filets radiculaires des individus ou phytons du sommet de l'arbre descendent en rampant à la circonférence de tout le corps ligneux, jusqu'à l'extrémité des racines.

» Ainsi s'expliquent les colossales proportions et les énormes cannelures du tronc du *Dracœna draco* de l'Orotava, à l'île Ténériffe, dont j'ai l'honneur de présenter à l'Académie une figure très-exacte.

» Quelques mots sur le *Dracœna draco* ne seront pas déplacés ici, puisque M. de Mirbel s'est aussi occupé, dans son Mémoire sur le *Dracœna australis* (*Cordyline australis*) de ce curieux végétal, et puisqu'il va nous fournir le sujet de quelques nouvelles réfutations.

» Tant que le *Dracœna draco* n'a qu'un bourgeon terminal, sa tige reste à peu près cylindrique, par cette raison bien simple que les causes étant toujours les mêmes, les effets le sont aussi.

» Dans ce cas, les inégalités qu'elle montre quelquefois sont dues, les physiologistes le savent très-bien, à des accidents de beaucoup de natures, tels que des années alternativement trop sèches ou trop humides; au transport d'un pays ou même d'une serre dans un autre, ou à toute autre cause capable de produire des arrêts ou des excès temporels de développement. Toutes les circonstances extérieures restant les mêmes, le bourgeon terminal donne annuellement un égal nombre de feuilles; et ces feuilles se développant d'une manière uniforme, normale, répandent sur toutes les parties du tronc ou stipe, un égal nombre de filets radiculaires qui, aussi uniformément répartis sur la circonférence du stipe ou tronc, tendent à lui conserver sa forme en apparence cylindrique.

» Mais par les années chaudes et sèches, en outre qu'il produit une moindre quantité de feuilles, et conséquemment de tissus mérithalliens et radiculaires, ces feuilles se développent également avec moins de vigueur. Les années humides produisent naturellement l'effet contraire. De là résultent les inégalités

qu'on observe souvent sur les tiges de ces arbres, sur celles des Palmiers et de tous les Monocotylés à tiges simples et à bourgeons solitaires.

» Dès que le *Dracœna draco* donne des rameaux, dont les tissus radiculaires vont aussi accroître le tronc, ces inégalités disparaissent, et ce tronc devient de plus en plus conique et irrégulier.

» Vous pouvez vous en assurer par celui que j'ai fait graver dans la Botanique de mon dernier voyage (1).

» Ce *Dracœna draco*, qui certes n'était pas destiné à figurer ici, et qui, tout jeune qu'il est, donne déjà depuis longtemps des fleurs et des fruits, est situé en Europe, dans le jardin de l'Académie de Cadix, où, si on le veut, il sera facile d'en suivre les phases de développement.

» L'exemple le plus remarquable que je puisse fournir de l'immense accroissement du tronc du *Dracœna draco* est le dessin très-exact de celui de l'Orotava, à l'île Ténériffe, qui, tout mutilé qu'il est maintenant, puisqu'il a perdu la moitié de sa cime, est cependant encore propre à vous donner une excellente idée de ce qu'est ce géant végétal.

» Tout ce que M. de Mirbel nous a dit du *Dracœna draco* (2), de son stipe cylindrique, de son phyllophore, de sa souche ou racine pivotante, etc., nous prouve que ce savant a complétement oublié ce que nous en ont appris MM. Al. de Humboldt, Webb, Berthelot et tous les autres célèbres voyageurs qui ont visité l'île Ténériffe. En effet, le *Dracœna draco*, lorsqu'il a acquis des dimensions colossales, n'est plus cylindrique, n'a plus un phyllophore (3), mais mille phyllophores, ne ressemble plus, en aucune façon, au Dattier ni à n'importe quel autre Palmier, et surtout ne se termine pas inférieurement par une épaisse et longue excroissance ou souche, mais, comme tous les vrais *Dracœna*, par de nombreuses et puissantes racines qui s'accroissent annuellement comme celles des Dicotylés.

» Le jeune *Dracœna ensifolia* que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie en fournit un exemple.

» Un végétal vasculaire quelconque, monocotylé ou dicotylé, est donc formé par la réunion d'individus engendrés les uns par les autres et dont toutes les racines descendent vers le sol.

» On sait maintenant que ces racines restent entières depuis le sommet

---

(1) *Voyez* Gaudichaud, *Voyage de* la Bonite: *Botanique*, Pl. I.

(2) *Comptes rendus*, t. XIX, 7 octobre 1844, page 691, lignes 17 à 27.

(3) Mot inutile, puisqu'il veut dire support de feuilles, et que stipe, également de M. de Mirbel, et qui n'est pas plus utile, a la même signification.

jusqu'à la base du tronc des *Vellosia, Kingia, Pourretia* (1), *Tillandsia,* et de presque toutes les autres Broméliacées; et que, dans le plus grand nombre des végétaux monocotylés (*Dracœna,* etc.), comme dans tous les Dicotylés, les filets radiculaires restent libres et s'étendent sur toute la surface du tronc et des racines.

» Mais pour être libres, isolés, ces filets n'en descendent pas moins, comme les véritables racines, ainsi que je l'ai prouvé à tous ceux qui ont voulu voir et comprendre.

» Je vous ai présenté un grand nombre de préparations fournies par les Monocotylés et les Dicotylés, lesquelles prouvent sans réplique que les choses se passent comme je l'indique, et je vous ai fait remarquer que le savant anatomiste que je combats ne vous en a pas encore fourni une seule à l'appui de ses assertions. Car je suis loin, bien loin de regarder les anatomies microscopiques, c'est-à-dire les beaux dessins qu'il a fait passer sous vos yeux, comme des preuves suffisantes.

» Non, messieurs, on ne vous a pas apporté, à l'appui des théories qu'on cherche à faire prévaloir, une seule preuve matérielle, quoique ce fût, après les Notes que je vous ai lues et les anatomies que je vous ai montrées, la seule chose à faire; on ne l'a pas fait, parce que, ainsi que je vous l'ai déjà dit souvent, cela est impossible; parce que les forces de la nature, qui sont invariables, s'y opposent, et qu'on ne les changera jamais.

» A ce sujet, qu'il me soit permis de dire qu'il n'y a que les dissections complètes qui puissent nous éclairer sur le mécanisme des développements divers des végétaux; et que, sous ce rapport, les anatomies microcospiques, telles qu'on les fait généralement encore de nos jours, ne sont propres qu'à égarer les investigateurs.

» En effet, comment peut-on se rendre compte de la nature des tissus qu'on rencontre sur une tranche horizontale ou verticale, par exemple, d'une tige, si l'on ne sait d'avance comment s'organise cette tige et les tissus qui la composent, et d'où proviennent les causes, les forces et les éléments qui en déterminent la formation? Comment surtout expliquer avec ces lambeaux mutilés et meurtris de parties aussi complexes, les fonctions plus complexes encore des végétaux? Les anatomies microscopiques nous font sans doute connaître les particularités organiques des tissus, leurs formes spéciales, leurs modes d'insertion entre eux, mais rien de plus. Elles sont

(1) *Voyez* Gaudichaud, *Voyage de* la Bonite : *Botanique,* Pl. XLII, XLIII, XLIV.

aussi stériles que celles du même genre qu'on voudrait faire sur des parties animales complexes ou sur des animaux supérieurs entiers, avant de connaître l'admirable mécanisme et le jeu des organes essentiels qui les constituent, les font agir et fonctionner.

» Des recherches de ce genre seraient utiles sans doute; mais elles n'auraient jamais que la valeur d'études microscopiques des tissus; jamais on ne leur donnerait en zoologie le titre de recherches anatomiques, organographiques et physiologiques, parce que, en réalité, il n'y aurait là ni anatomie, ni organographie, ni physiologie dans la véritable acception de ces mots.

» Que l'on fasse séparément l'étude microscopique des tissus divers, des muscles, des cartilages, des os, des vaisseaux, des nerfs, du cerveau, de la rate, du foie, etc., et que l'on retire de ces observations d'utiles renseignements, je le concède; mais réunir plusieurs de ces tissus sur une même tranche microscopique et déduire d'une semblable observation des considérations générales sur l'organographie, l'organogénie et la physiologie de chacune et de toutes ces parties, c'est ce que je n'accorderai jamais à personne.

» Eh bien, messieurs, les anatomies microscopiques que l'on fait généralement sur les végétaux sont, selon moi du moins, aussi étranges que celles que je viens de supposer pour les animaux.

» Elles le sont même davantage; car si les végétaux sont réellement plus simples dans leur organisation que les animaux, ils deviennent peut-être plus complexes par la multiplication incessante de leurs accroissements et agencements divers.

» A tel point même, que si l'on n'adoptait pas la théorie des mérithalles et des deux modes de développement, en hauteur et en largeur, il serait impossible de se rendre compte de la composition d'une tige quelconque.

» Mais aujourd'hui que nous savons que l'axe d'une tige de Monocotylé ou de Dicotylé se compose du système ascendant ou mérithallien des phytons; que la partie ordinairement ligneuse qui enveloppe cet axe est entièrement formée de racines ou de tissus radiculaires, et que les plus extérieurs de ces tissus ou de ces racines proviennent du sommet des stipes, des tiges ou de leurs rameaux, et sont produits par les phytons de ces parties, nous pourrons vous donner non-seulement des anatomies rationnelles, directes, complètes et telles que nous les comprenons, mais encore des tranches horizontales et verticales qui, cessant d'être problématiques, auront une assez grande valeur scientifique.

» C'est ce qui nous a fait vous dire que celles de ces anatomies micros-

copiques qui ont été exactement figurées et décrites par nos habiles devanciers pourront, dès qu'elles seront convenablement interprétées d'après la théorie des mérithalles, offrir un certain degré d'utilité pour la physiologie, sans toutefois jamais remplacer les anatomies générales réelles et telles qu'il convient d'en préparer aujourd'hui pour satisfaire aux besoins de la science.

» Il nous faut donc avant tout des anatomies générales et comparatives pour faire de l'organographie et de la physiologie; puis des anatomies microscopiques qui nous feront connaître la nature intime des tissus, les modifications et les altérations qu'ils éprouvent dans leurs développements successifs, et peut-être les fonctions individuelles qu'ils sont appelés à remplir aux différentes époques de leur vie. Mais, je le réitère, ces anatomies ne seront jamais propres qu'à cela.

» Depuis l'illustre Grew jusqu'à ce jour, on n'a fait que des études de ce dernier genre. A quoi ont-elles conduit en physiologie? qu'ont-elles appris sur les causes des développements? Elles ont fourni, je le reconnais, des détails anatomiques isolés sur la forme, et jusqu'à un certain point sur la nature organique des parties végétales, rien de plus.

» Est-ce là de l'anatomie, je le demande à tout homme impartial?

» Non, encore une fois non; il n'y a là ni anatomie, ni physiologie, ni organographie comme on doit l'entendre; rien, sinon de belles et remarquables images qui représentent exactement, du moins j'aime à le croire, des formes organiques; des tissus divers disposés dans un ordre particulier, mais dont on ne connaît ni l'origine ni les fonctions; une sorte de distribution topographique des éléments organiques des végétaux, aussi curieuse qu'une image de kaléidoscope, et non moins insignifiante, bonne tout au plus pour amuser des enfants ou des hommes étrangers à la science (1).

» Des études de ce genre auront un jour un certain degré d'utilité, en faisant connaître les modifications organiques qui s'opèrent, par le temps, dans les tissus divers, et en unissant et comparant les renseignements qu'elles fournissent à ceux que nous donnent les anatomies directes.

---

(1) Il est bien entendu qu'ici je ne veux parler que de ces grandes pancartes, couvertes d'un million de cellules grossies à 500 ou 600 diamètres et plus, qui ont été faites d'après des tranches de racines par lesquelles M. de Mirbel a si singulièrement commencé ses études du Dattier, et qu'il ne m'est jamais venu à la pensée d'attaquer, indirectement surtout, les travaux originaux de savants que je me suis même scrupuleusement interdit de nommer; travaux qui ont été faits dans des directions analogues sans doute, mais spéciales, toutes favorables à la science, et dont l'utilité a été bien reconnue.

» Mais, je le répète, aujourd'hui elles n'ont, selon moi, prises isolément, aucune portée scientifique et ne sont qu'un jeu.

» Ce jeu, savez-vous, messieurs, comment on le joue? Le voici :

» On prend une partie végétale quelconque, un fragment de racine, de tige, de rameau ou de feuille; on le coupe transversalement ou longitudinalement de manière à en détacher des lames minces, diaphanes; on les pose sur le porte-objet d'un microscope, on les imprègne d'eau, et on les étudie.

» D'habiles dessinateurs reproduisent sur le papier, avec ce qu'ils appellent un peu d'art (ce qui, du moins je le pense, n'exclut pas l'exactitude), et dans tous les détails, ce que l'instrument grossissant leur permet de voir, et l'anatomie est faite. Le savant alors s'empare de ce dessin et lui applique ses théories.

» De l'anatomie ainsi faite, je le réitère, est un jeu, mais un jeu dangereux, et qui compromet l'avenir de la science ou en retarde au moins les progrès.

» Que l'on fasse des observations microscopiques pour arriver à la connaissance des phénomènes organogéniques des premiers développements des ovules, des embryons, des bourgeons, et de tous les organes naissants des fleurs et des fruits, comme de la plupart des parties végétales très-réduites, limitées, je le conçois.

» Mais qu'on puisse utilement appliquer ce moyen à l'explication des grands phénomènes d'accroissements des tiges, et arriver à déduire les causes qui les produisent et les directions qu'ils suivent sur 1 ou 2 millimètres de la substance organisée d'une partie intérieure ou extérieure des tiges ou de leurs annexes, c'est ce que je conteste.

» Mais, enfin, admettons que ce moyen, que j'ai moi-même accessoirement employé, et qui m'a conduit à des résultats tout différents, c'est-à-dire à la connaissance intime des individus divers composant les bourgeons, les fleurs et les fruits encore réduits à l'état de germe, d'embryons ou de fœtus; admettons, dis-je, que ce procédé ait permis à notre savant confrère M. de Mirbel de reconnaître les causes qui dirigent les filets dans leur accroissement ascensionnel : où sont les anatomies qui le démontrent? Aucune jusqu'à présent! Tandis que pour prouver tout ce que j'avance, je puis, moi, vous en fournir par milliers, puisque, indépendamment des anatomies que je possède et dont je vous ai déjà montré quelques centaines de pièces, j'ai encore tout le règne végétal à vous offrir. »

PHYSIQUE. — *Note de* M. **Despretz** *sur la compression des liquides.*

« J'ai fait, en 1823, des expériences sur la compression des liquides, dans l'espoir de répondre à une question proposée par l'Académie des Sciences.

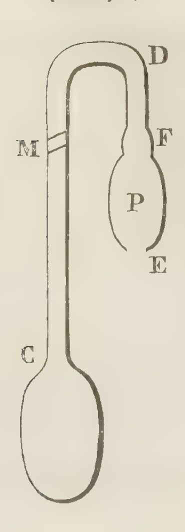
» Plusieurs Mémoires furent adressés. Le concours fut remis. Je ne concourus plus. La valeur du prix fut donnée à MM. Sturm et Colladon.

» Mon travail, envoyé pour le premier concours, n'était certainement pas assez étendu pour mériter un prix, mais il renfermait deux choses qui avaient alors de l'intérêt : un appareil différent de celui de Kanton et d'Œrstedt; la découverte du fait du décroissement de la compressibilité des liquides tiré d'expériences faites sur l'eau, le mercure, l'alcool et l'éther sulfurique.



» Le piézomètre employé par Kanton et par Œrstedt ne peut pas être employé quand ce tube doit plonger dans un liquide, comme cela a nécessairement lieu dans les expériences destinées à la recherche de la marche de la compressibilité. Si l'on fait quelques expériences, on verra que très-souvent le petit index en mercure M glisse dans le tube capillaire et ne revient pas au point primitif quand on cesse de comprimer le liquide. On ne peut donc pas estimer le changement de volume déterminé par la compression, ne sachant pas où se termine ce volume.

» L'appareil que j'ai employé est exempt de cette cause d'erreur. L'index M n'est en contact à la partie supérieure qu'avec l'air, en sorte que si, pendant la compression, le mercure glisse et pénètre dans le liquide, on le reconnaît, puisque toujours l'extrémité de la colonne est libre.



» CMDFE est la figure de ce petit appareil. L'air de la partie EFDM se condense, l'eau extérieure s'élève en P et ne passe jamais en D, à cause de la petitesse du volume MD par rapport au volume FE. Dans la partie supérieure F, il y a un peu de papier joseph, afin que de l'eau de condensation ne se précipite pas dans le tube MD.

» Je dis alors à plusieurs savants, et en particulier à M. de Humboldt, que si des concurrents dans le nouveau concours trouvaient que la compressibilité des liquides va en décroissant pour une même force comprimante, comme seul je l'avais trouvé dans le premier concours de 1823, ce fait scientifique devait m'appartenir. M. de Humboldt s'est bien rappelé cette particularité il y a quelques mois.

» A cette époque du concours de 1823, M. Arago savait que j'avais adressé un travail à l'Académie et que MM. Sturm et Colladon en avaient aussi adressé un. On comprendra qu'il cherchât à s'assurer de la conviction de chacun de nous dans l'exactitude de ses expériences, et opposât à MM. Sturm et Colladon le fait du décroissement de la compressibilité résultant de mes expériences, et à moi, la compressibilité proportionnelle à la pression que donnaient leurs recherches.

» MM. Sturm et Colladon doivent se rappeler cette circonstance.

» L'importance de leur travail n'en est pas affaiblie, et surtout celle de leur belle expérience sur le lac de Genève, pour la détermination de la vitesse du son dans l'eau, expérience qui seule méritait la récompense qu'ils ont reçue.

» Je prie l'Académie de me pardonner de l'occuper un instant d'une

question de priorité; mais j'attache de l'importance à ce sujet, parce que j'ai toujours rapporté dans mon *Traité élémentaire de Physique* que j'avais le premier trouvé le décroissement de la compressibilité des liquides et proposé un appareil différent de celui d'OErstedt. Ce sont, d'ailleurs, ces expériences qui m'ont conduit à chercher et à trouver l'accroissement inégal de la compressibilité des gaz. Ce dernier fait a déjà eu des conséquences qui ont fixé l'attention des physiciens et des chimistes. »

Après avoir minutieusement interrogé ses souvenirs, M. **Arago** a donné, en tout ce qui le concerne, sa pleine adhésion à la Note historique de M. Despretz.

MÉMOIRES LUS.

CHIMIE. — *Recherches sur une nouvelle série d'acides formés d'oxygène, de soufre, d'hydrogène et d'azote; par* M. E. **Fremy**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Thenard, Pelouze, Regnault.)

« Le Mémoire dont je vais avoir l'honneur de lire un extrait à l'Académie a pour but de faire connaître les principales propriétés d'une classe nouvelle de composés, que je désigne sous le nom de *corps sulfazotés*, et qui sont formés d'oxygène, de soufre, d'hydrogène et d'azote.

» L'Académie se rappelle peut-être que dans une communication précédente j'ai donné la composition de quelques sels qui prennent naissance dans la réaction des acides sulfureux et azoteux sur les bases. Mes recherches sur les corps sulfazotés étaient alors à leur début ; et en publiant mes premiers résultats, je m'étais proposé seulement de prendre date pour un travail d'ensemble que je préparais sur ces nouveaux corps, dont l'étude difficile devait exiger un temps assez long.

» C'est une partie de ce travail que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie. Je vais essayer d'extraire de mon Mémoire quelques-uns des résultats généraux qui sont de nature à caractériser la classe des corps sulfazotés.

» On sait que les substances organiques sont formées, en général, par la combinaison du carbone avec trois autres éléments qui sont l'oxygène, l'azote et l'hydrogène. J'ai pensé qu'il serait d'un grand intérêt de produire une série de corps semblables aux substances organiques, dans lesquels le carbone serait remplacé par un autre élément.

» C'est vers ce but que se sont dirigés tous mes efforts ; et les résultats que j'ai obtenus m'ont paru dignes d'être soumis à l'Académie.

» J'ai reconnu, en effet, que le soufre peut, comme le carbone, se combiner dans un grand nombre de proportions avec l'hydrogène, l'azote et l'oxygène pour former de nouveaux composés que je nomme *corps sulfazotés*, et qui présentent une certaine analogie avec les substances organiques.

» Les corps sulfazotés peuvent être neutres ou acides ; je n'examinerai dans ce premier Mémoire que ceux qui se combinent aux bases et qui par conséquent jouissent des propriétés acides.

» Parmi les différentes circonstances qui déterminent la production des corps sulfazotés, c'est-à-dire la réunion en une seule molécule de l'oxygène, du soufre, de l'azote et de l'hydrogène, une des plus curieuses, sans aucun doute, est celle qui résulte de l'action de l'acide sulfureux sur les azotites alcalins.

» Lorsqu'on fait arriver, en effet, un courant d'acide sulfureux dans une dissolution d'azotite de potasse, au lieu de produire un mélange d'azotite et de sulfite de potasse comme on aurait pu le penser, on voit les éléments de l'acide sulfureux, de l'acide azoteux et de l'eau se réunir en présence de la base pour former une série de nouveaux acides quaternaires, qui contiennent tous les mêmes éléments, c'est-à-dire de l'oxygène, du soufre, de l'hydrogène et de l'azote; mais dont les proportions varient avec les quantités d'acides sulfureux et azoteux que l'on a mises en présence.

» Si j'ajoute alors que chaque sel qui prend naissance dans la réaction précédente peut, à la manière des corps organiques, être modifié par les réactifs, et constituer des sels sulfazotés nouveaux qui cristallisent souvent avec une régularité remarquable, et dont les propriétés curieuses soulèvent des questions théoriques d'un grand intérêt, j'aurai, je pense, appelé suffisamment l'attention des chimistes sur la classe nombreuse d'acides dont je vais donner les principaux caractères.

» Les règles de la nomenclature étaient tout à fait insuffisantes pour fixer les noms des corps sulfazotés; je me suis contenté de donner provisoirement à mes acides des noms faciles à prononcer et rappelant toujours la présence du soufre et de l'azote dans leur molécule, ce qui me paraît être le caractère essentiel d'un acide sulfazoté. Lorsque la série des corps sulfazotés pourra être considérée comme complète, c'est alors seulement que je proposerai une nomenclature rationnelle qui rappellera leur composition.

» J'ai dû mettre la plus grande réserve dans les discussions qui se rap-

portent à l'arrangement moléculaire des corps sulfazotés. Je pense certainement que tous les efforts des chimistes doivent tendre à déterminer le mode de groupement des corps composés ; mais l'histoire des acides sulfazotés ne m'a pas paru assez avancée pour chercher à résoudre, quant à présent, une pareille question.

» J'ai déterminé, par des méthodes rigoureuses et variées, les éléments des corps sulfazotés; chaque formule a toujours été déduite d'un grand nombre d'analyses exécutées sur des produits venant d'opérations différentes.

» Sans vouloir parler ici de tous les sels sulfazotés qui sont décrits dans mon Mémoire, je dirai seulement comment se préparent les plus importants. Le procédé qui m'a paru le plus facile pour obtenir toute la série des sels sulfazotés consiste à faire arriver, dans une dissolution très-concentrée et fortement alcaline d'azotite de potasse, un courant d'acide sulfureux.

» Le premier sel de potasse qui se dépose à la faveur de l'excès d'alcali, traité par l'acide sulfureux, produit un nouveau sel sulfazoté, qui lui-même peut en former d'autres lorsqu'on le soumet à la même influence.

» C'est donc toujours en présence de la potasse que les acides sulfazotés ont pris naissance; ces différents sels, qui cristallisent ordinairement avec facilité, m'ont servi ensuite à isoler l'acide sulfazoté et à le combiner à d'autres bases.

» Lorsque l'azotite de potasse est soumis à l'action de l'acide sulfureux, le sel qui cristallise en premier lieu a été nommé *sulfazite de potasse;* il a pour formule

$$S^3AzH^3O^{12},\ 3KO.$$

La production de ce sel est facile à comprendre. On voit, en effet, que l'acide sulfazeux paraît résulter de la réunion de 3 équivalents d'acide sulfureux, 1 équivalent d'acide azoteux et 3 équivalents d'eau ; en effet,

$$3SO^2 + AzO^3 + 3HO = \underbrace{S^3AzH^3O^{12}}_{\text{Acide sulfazeux.}}.$$

» Je me suis assuré qu'il existe des acides sulfazotés qui précèdent l'acide sulfazeux et qui contiennent 1 équivalent et 2 équivalents d'acide sulfureux, mais il m'a été jusqu'à présent impossible de les isoler.

» Le sulfazite de potasse, dissous dans une liqueur alcaline et traité par une nouvelle quantité d'acide sulfureux, se transforme immédiatement en un

autre sel qui cristallise en belles aiguilles qui ont souvent plusieurs centimètres de long. J'ai nommé ce second sel *sulfazate de potasse;* il a pour composition $S^4AzH^3O^{14},3KO$. On voit que l'acide sulfazique ne diffère de l'acide précédent que par 1 équivalent d'acide sulfureux.

» Les sels sulfazotés peuvent souvent se combiner entre eux pour former des sels doubles. C'est à un sel de cette espèce que j'ai donné le nom de *métasulfazate de potasse*, et qui peut être considéré comme une combinaison de sulfazate et de sulfazite de potasse. Le métasulfazate de potasse est décomposé par l'eau, et donne naissance aux deux sels précédents.

» Un des sels sulfazotés les plus remarquables par ses belles formes cristallines, et surtout par les différents composés qu'il peut produire, est celui que j'ai nommé *sulfazotate de potasse*, et qui s'obtient en traitant le sulfazate de potasse par l'acide sulfureux. Ce sel a pour formule

$$S^5AzH^3O^{16}, 3KO;$$

un seul équivalent d'acide sulfureux s'est donc ajouté au sulfazate de potasse pour produire le sulfazotate.

» Je ne décrirai pas ici les différents sulfazotates qui, par leurs formes cristallines, peuvent être comparés aux plus beaux sels de la chimie; mais j'indiquerai seulement quelques-unes de leurs propriétés pour montrer avec quelle facilité ces nouveaux corps se prêtent aux réactions chimiques.

» Le sulfazotate de potasse dont j'ai donné précédemment la composition peut être décomposé par l'eau. Sa dissolution, qui est d'abord alcaline aux réactifs colorés, devient en peu de temps fortement acide. Cette modification est encore plus rapide lorsqu'on abandonne dans l'eau un sulfazotate de potasse que je considère dans mon Mémoire comme un sel neutre et qui a pour formule

$$S^5AzH^3O^{16}, 2KO, HO.$$

» Le sulfazotate est alors complétement décomposé; on trouve dans la liqueur du bisulfate de potasse, de l'acide sulfureux qui se transforme à l'air en acide sulfurique, et un nouveau sel sulfazoté, le plus curieux peut-être de toute la série, que j'ai nommé *sulfazidate de potasse*. Ce sel doit être représenté par $S^2AzH^2O^7,KO$; il cristallise en belles lames hexagonales. La formule suivante rend compte de l'action de l'eau sur le sulfazotate de potasse,

$$S^5AzH^3O^{16}, 2KO, HO = 2SO^3, KO, HO + S^2AzH^2O^7, KO + SO^2.$$

» L'acide sulfazidique a pu être isolé; il est fortement acide, et présente des caractères tranchés qui le distinguent de tous les acides connus : il peut,

en effet, dans un grand nombre de circonstances, se décomposer en oxygène et en bisulfate d'ammoniaque. Lorsqu'on le met en contact avec du peroxyde de manganèse, il dissout immédiatement cet oxyde en dégageant l'oxygène avec effervescence. Je ne connais que l'eau oxygénée acide qui, d'après les belles observations de M. Thenard, agisse ainsi sur le peroxyde de manganèse. Du reste, l'acide sulfazidique et les sulfazidates doivent être placés à côté de l'eau oxygénée, car ils se décomposent comme elle sous l'influence des corps divisés et des oxydes métalliques. C'est ainsi que s'augmente chaque jour cette classe de corps dont l'eau oxygénée est le type, et dont M. Thenard avait prédit l'importance.

» Je viens de parler de l'action de l'eau sur les sulfazotates; celle des corps oxydants n'est pas moins intéressante.

» Lorsqu'on traite, en effet, du sulfazotate de potasse par de l'acide plombique, ou mieux par de l'oxyde d'argent, la liqueur prend une magnifique teinte violette, et l'oxyde est immédiatement réduit.

» Sous l'influence de l'oxygène, le sulfazotate s'est décomposé en deux nouveaux sels:

» Le premier est à peine soluble dans l'eau froide; il cristallise en belles aiguilles d'un jaune d'or, et se dissout dans l'eau chaude en lui donnant une teinte violette, qui rappelle celle du permanganate de potasse. Ce sel a été nommé *sulfazilate de potasse ;* il a pour formule

$$S^4 Az HO^{12},\ 2KO,$$

et s'écarte, sous quelques rapports, des autres sels sulfazotés. Il est, en effet, coloré, tandis que les autres sels de potasse sont incolores; il se décompose par une faible élévation de température; lorsqu'on le chauffe à 110 degrés, il fuse comme le carbazotate de potasse, avec lequel on pourrait le confondre quand il est cristallisé; les acides le décomposent immédiatement; les alcalis lui donnent, au contraire, une grande fixité.

» Le second sel qui s'est formé dans la réaction de l'oxyde d'argent sur le sulfazotate de potasse est très-soluble dans l'eau, il cristallise en prismes rhomboïdaux d'une régularité parfaite; il est remarquable par sa grande stabilité. L'acide azotique, qui décompose en général les sels sulfazotés, n'exerce aucune action sur lui. J'ai nommé ce sel *méta-sulfazilate de potasse.* Il a pour composition $S^6 Az H^3 O^{22}$, 3KO.

» La production des sels précédents peut s'expliquer facilement : l'oxyde d'argent a cédé, en effet, 4 équivalents d'oxygène au sulfazotate de potasse; deux de ces équivalents ont été employés à faire de l'eau avec l'hydrogène de

l'acide sulfazotique, et les deux autres équivalents d'oxygène ont déterminé la séparation du sulfazotate de potasse en deux nouveaux sels : cette réaction est interprétée par la formule suivante

$$2(S^5AzH^3O^{16}, 3KO) + 4AgO = S^6AzH^3O^{22}, 3KO + S^4AzHO^{12}, 2KO + KO + 2HO + 4Ag.$$

En agissant sur le sulfazotate de potasse, l'oxyde d'argent produit donc un phénomène d'oxydation, comme la chimie organique en offre plusieurs exemples.

» Je signalerai seulement ici l'existence d'un sel parfaitement cristallisé, que j'ai nommé *méta-sulfazotate de potasse*, et qui peut être considéré comme formé par la combinaison du sulfazate et du sulfazotate de potasse, et j'arrive maintenant à la classe des sels sulfazotés que j'ai nommés *sulfammonates*. Ces sels se produisent constamment en traitant un azotite alcalin par un excès d'acide sulfureux.

» Je représente les sulfammonates neutres par la formule

$$S^8AzH^3O^{22}, 4MO.$$

» On voit que l'acide sulfammonique diffère de l'acide sulfazotique par 3 équivalents d'acide sulfureux et que sa composition peut être représentée par 8 équivalents d'acide sulfureux, 1 équivalent d'acide azoteux et 3 équivalents d'eau :

$$\underbrace{S^8AzH^3O^{22}}_{\text{acide sulfammonique.}} = 8SO^2 + AzO^3 + H^3O^3$$

» Je n'insisterai pas ici sur cette classe de sels que j'ai déjà décrite dans un Mémoire précédent, je dirai seulement que plusieurs sulfammonates jouissent de propriétés caractéristiques : le sulfammonate de potasse, qui est à peine soluble dans l'eau froide, peut servir à reconnaître les sels de potasse; il se précipite en aiguilles soyeuses lorsqu'on traite un sel de potasse par le sulfammonate d'ammoniaque. Les sulfammonates sont, en général, peu stables; ainsi le sulfammonate double de baryte et d'ammoniaque, abandonné à l'air humide, fait souvent entendre une décrépitation assez vive et se décompose complétement en produisant assez de chaleur pour brûler des corps organiques.

» Les sulfammonates sont, comme les autres sels sulfazotés, décomposés par l'eau; ils peuvent perdre dans ce cas, à diverses reprises, du bisulfate de potasse pour produire des sels sulfazotés nouveaux; et le dernier terme de leur décomposition est un sulfate métallique et un sulfate ammoniacal.

» Lorsqu'en effet on conserve pendant quelque temps une dissolution de sulfammonate de potasse, qui d'abord est neutre, elle devient acide, donne naissance à du bisulfate de potasse et produit un sel sulfazoté que j'ai nommé *méta-sulfammonate de potasse* qui a pour formule

$$S^6 Az H^3 O^{16}, 3KO.$$

» Ce sel est fort peu stable, perd, lorsqu'on le met dans l'eau bouillante, 1 équivalent de bisulfate de potasse et se transforme en un nouveau sel qui a pour composition $S^4 Az H^3 O^{10}, 2 KO$ et que j'ai appelé *sulfamidate de potasse.*

» Enfin une ébullition prolongée, en agissant sur ce dernier sel, dégage de l'acide sulfureux et le transforme en sulfate d'ammoniaque et en sulfate de potasse.

» Je viens de tracer rapidement la marche que j'ai suivie pour former un grand nombre de sels sulfazotés; on a vu qu'après avoir produit des molécules complexes d'acides sulfazotés, en faisant arriver avec précaution de l'acide sulfureux dans des azotites, j'ai soumis ces corps à des agents peu énergiques, afin de saisir les différentes phases de leur décomposition comme j'avais apprécié leur mode de production.

» Le tableau suivant représente les principaux sels que j'ai décrits dans mon Mémoire :

Acide sulfazeux...........	$S^3 Az H^3 O^{12}$	Sulfazite de potasse........................	$S^3 Az H^3 O^{12}, 3 KO$
Acide sulfazique..........	$S^4 Az H^3 O^{14}$	Sulfazate de potasse........................	$S^4 Az H^3 O^{14}, 3 KO$
Acide méta-sulfazique......	$S^7 Az^2 H^6 O^{26}$	Méta-sulfazate de potasse....................	$S^7 Az^2 H^6 O^{26}, 6 KO, 2 HO$
		Sulfazotate de potasse basique................	$S^5 Az H^3 O^{16}, 3 KO$
		Sulfazotate de potasse neutre.................	$S^5 Az H^3 O^{16}, 2 KO, HO$
Acide sulfazotique.........	$S^5 Az H^3 O^{16}$	Sulfazotate de plomb et de potasse cristallisé.	$2 (S^5 Az H^3 O^{16}) 6 KO, 3 PbO$
		Sulfazotate de plomb et de potasse basique...	$S^5 Az H^3 O^{16}, 5 PbO, KO$
		Sulfazotate de potasse et de baryte cristallisé..	$2 (S^5 Az H^3 O^{16}) 6 BaO, 3 KO$
Acide méta-sulfazotique....	$S^9 Az H^6 O^{30}$	Méta-sulfazotate de potasse..................	$S^9 Az^2 H^6 O^{30}, 6 KO$
Acide sulfazilique..........	$S^4 Az HO^{12}$	Sulfazilate de potasse.......................	$S^4 Az HO^{12}, 2 KO$
Acide méta-sulfazilique.....	$S^6 Az H^3 O^{22}$	Méta-sulfazilate de potasse..................	$S^6 Az H^3 O^{22}, 3KO$
Acide sulfazidique.........	$S^2 Az H^2 O^7$	Sulfazidate de potasse......................	$S^2 Az H^2 O^7, KO$
		Sulfazidate de baryte basique................	$S^2 Az H^2 O^7, 2 BaO$
		Sulfammonate de potasse.....................	$S^8 Az H^3 O^{22}, 4 KO + 3 HO$
Acide sulfammonique......	$S^8 Az H^3 O^{22}$	Sulfammonate de baryte et de potasse.........	$S^8 Az H^3 O^{22}, 3BaO, KO + 6HO$
		Sulfammonate d'ammoniaque...................	$S^8 Az H^3 O^{22}, 4 (Az H^3, HO)$
		Sulfammonate d'ammoniaque et de baryte.....	$S^8 Az H^3 O^{22}, 3BaO, Az H^3, HO$
Acide méta-sulfammonique.	$S^6 Az H^3 O^{16}$	Méta-sulfammonate de potasse................	$S^6 Az H^3 O^{16}, 3 KO$
Acide sulfamidique........	$S^4 Az H^3 O^{10}$	Sulfamidate de potasse......................	$S^4 Az H^3 O^{10}, 2 KO$ (*).

(*) J'avais déjà analysé quelques-uns des sels qui se trouvent dans le tableau précédent; j'ai cru devoir répéter mes anciennes analyses, et mes derniers résultats sont venus confirmer

» Je résumerai maintenant, en peu de mots, les conséquences qui résultent du long travail que j'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie.

» Je crois avoir établi d'abord l'existence de onze acides nouveaux, qui sont formés d'oxygène, de soufre, d'hydrogène et d'azote, et qui constituent une classe d'acides que j'ai nommés *sulfazotés*.

» Ces acides, que j'ai rapprochés des corps organiques, présentent, comme eux, un ensemble de propriétés, un caractère de famille qui les distinguent essentiellement des autres classes de composés chimiques.

» Comme leurs molécules résultent du groupement de plusieurs corps différents, elles ont toujours une certaine tendance à se décomposer, et ne deviennent stables que lorsqu'elles se trouvent engagées en combinaison avec les bases.

» C'est précisément cette mobilité d'éléments qui donne de l'intérêt à l'étude des sels sulfazotés; on a vu, en effet, le sulfazotate de potasse se décomposer par la chaleur, à la manière des corps organiques en dégageant des vapeurs ammoniacales; se dédoubler dans son contact avec l'eau, et se transformer, sous l'influence de l'oxyde d'argent, en deux nouveaux sels.

» Les acides sulfazotés sont, en général, décomposés sous l'influence des corps divisés; ils se rangent donc, sous ce rapport, à côté de l'eau oxygénée. On trouve toujours, dans les produits de leur décomposition, de l'acide sulfureux ou de l'acide sulfurique combiné à de l'ammoniaque. Ces acides sont souvent polybasiques; ils ont, de plus, une grande tendance à produire des sels doubles.

» Dans leur contact avec les bases, les acides sulfazotés ne présentent pas des propriétés moins tranchées.

» Leurs sels sont toujours à réaction neutre ou alcaline; lorsqu'on les fait bouillir dans l'eau, ils se transforment en sulfates acides et en sels ammoniacaux.

» Je dirai en outre que les sulfazotates de baryte sont, en général, insolubles,

---

complétement ceux que j'avais publiés en premier lieu. On pourra remarquer cependant quelques différences entre les formules anciennes et nouvelles; ainsi l'acide sulfazotique, que je représentais autrefois par $S^5AzH^2O^{17}$, a maintenant pour composition $S^5AzH^3O^{16}$. Tous les chimistes comprendront qu'une différence aussi légère dans deux formules est tout à fait insensible à l'analyse; mais les nouvelles formules que j'ai adoptées, interprètent mieux les réactions des sels sulfazotés; elles permettent surtout de représenter les acides sulfazotés par de l'acide sulfureux, de l'eau et de l'acide azoteux.

tandis que les sels de strontiane sont solubles. On peut donc employer les sels sulfazotés, pour établir une distinction entre les sels de baryte et ceux de strontiane. Ces nouvelles classes de sels serviront, dans quelques cas, comme réactifs dans des recherches analytiques.

» On a donc vu, dans ce Mémoire, deux acides simples, l'acide sulfureux et l'acide azoteux, se combiner entre eux dans des proportions différentes, et constituer une série d'acides dont les molécules étaient composées d'oxygène, de soufre, d'hydrogène et d'azote.

» Il existe, j'en suis persuadé, d'autres modes de production des corps sulfazotés. N'est-il pas évident, en effet, que les nitro-sulfates qui ont été étudiés avec tant de soin par M. Pelouze; que les cristaux des chambres de plomb, et que les corps qui se produisent dans la réaction de l'ammoniaque sur les acides sulfureux et sulfurique anhydres, présentent les plus grands rapports avec ceux que j'ai décrits dans ce Mémoire? Je pense donc que la classe des corps sulfazotés prendra bientôt un grand développement.

» Je serai heureux d'avoir appelé, par ce travail, l'attention des chimistes sur une question que je crois importante. Dans une autre communication, je prouverai que d'autres acides simples, tels que les acides phosphoreux, arsénieux, etc., peuvent se réunir sous l'influence des bases, et former des composés semblables aux sels sulfazotés. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE. — *De l'action du chlore sur le cyanure de mercure sous l'influence des rayons solaires; par* M. **Jules Bouis.** (Extrait.)

(Commissaires, MM. Dumas, Regnault, Balard.)

« M. Gay-Lussac, dans son remarquable travail sur l'acide cyanhydrique, avait observé qu'en plaçant du cyanure de mercure dans des flacons de chlore exposés au soleil, il se produisait un liquide jaune huileux; mais il s'était borné à citer le fait, l'objet de son travail étant différent.

» Sérullas étudia plus tard ce corps, et il le considéra comme une association de chlorure d'azote, d'un chlorure de cyanogène liquide, et de perchlorure de carbone tenu en dissolution.

» Sérullas n'avait pas fait l'analyse de ce liquide jaune; il se proposait de revenir sur ce sujet si digne d'attention, qu'il ne pouvait étudier que par intervalles à cause du danger des fulminations et des douloureux larmoiements produits par la volatilisation de ces corps. Nul doute que si le temps lui eût

permis de s'occuper de nouveau de cette question, son habileté et sa sagacité ne l'eussent résolue d'une manière complète.

» Je viens maintenant faire connaître à l'Académie les résultats que m'a fournis le nouvel examen de cette substance.

» Lorsqu'on expose aux rayons solaires des flacons de chlore, avec une dissolution saturée et bouillante de cyanure de mercure, on obtient un liquide jaune huileux, plus pesant que l'eau, insoluble dans ce véhicule, soluble dans l'alcool et dans l'éther; ce liquide, d'une odeur excessivement forte, irritante, provoque le larmoiement à un haut degré; sa saveur est très-caustique, il brûle avec une flamme rouge. Humide ou sec, il laisse déposer, à la longue, des cristaux de sesquichlorure de carbone de Faraday, et il se décolore en partie.

» Comme l'azotate de méthylène, ce corps, quoique explosif, peut être brûlé par l'oxyde de cuivre à la chaleur rouge; il est toutefois très-difficile de faire marcher la combustion d'une manière régulière.

» La composition de ce corps se représente, d'après mes analyses, par

$$C^8 Az^4 Cl^8, C^4 Cl^6 \quad (*).$$

Il est facile de s'expliquer la formation du premier terme $C^8 Az^4 Cl^8$, puisque nous avons mis en présence les éléments du cyanogène avec un excès de chlore. On peut de même supposer la formation d'une seconde molécule de la même nature; or, celle-ci, sous l'influence de l'eau, se décompose et donne de l'acide carbonique, et de l'azote qui se dégagent, du sel ammoniac qui reste en dissolution, et enfin du sesquichlorure de carbone, comme l'indique l'équation

$$C^8 Az^4 Cl^8 + H^8 O^8 = C^4 O^8 + Az^2 Cl^2 H^8 + Az^2 + C^4 Cl^6.$$

Le sesquichlorure de carbone, à l'état naissant, s'unit au produit $C^8 Az^4 Cl^8$, pour donner naissance à un composé plus stable

$$C^8 Az^4 Cl^8 + C^4 Cl^6.$$

Vient-on à continuer l'action du chlore, ce produit reste, et on observe un dégagement d'azote en même temps qu'il se forme de l'acide chlorhydrique. La production de ces deux gaz est due à la décomposition du sel ammoniac. Mes expériences et mes analyses, que je ne puis rapporter ici, s'accordent avec cette manière de voir.

» Le liquide jaune, décomposé par le feu, dépose du sesquichlorure de

(*) $C = 6$, $Az = 14$, $Cl = 35{,}5$.

carbone, dégage de l'azote et se présente sous la forme d'un liquide transparent, incolore, ayant pour composition

$$C^8 Az^4 Cl^4 + 2(C^4 Cl^6) + C^4 Cl^6,$$

et dérivant du premier produit; en effet,

$$2(C^8 Az^4 Cl^8) = C^8 Az^4 Cl^4 + 2(C^4 Cl^6) + Az^4.$$

Enfin, l'acide azotique agit sur le liquide jaune comme oxydant, et donne un produit plus irritant, plus caustique que les précédents, représenté par

$$\left.\begin{matrix} C^8 Az^4 Cl^8 \\ O^4 \end{matrix}\right\} + C^4 Cl^6.$$

L'ammoniaque décompose aussi le liquide jaune en divers produits, parmi lesquels on remarque toujours le sesquichlorure de carbone de Faraday.

» D'après les faits qui précèdent, on pourrait admettre l'existence de trois chlorures de cyanogène, monochloré, bichloré, trichloré, jouant le rôle d'acides et combinés au sesquichlorure de carbone. Dans le trichlorure de cyanogène, 4 équivalents de chlore sont remplacés par 4 équivalents d'oxygène. Ces produits forment la série

$$\begin{matrix} C^8 Az^4 Cl^4 + C^4 Cl^6 + 2C^4 Cl^6 \\ C^8 Az^4 Cl^8 + C^4 Cl^6 \\ \left.\begin{matrix} C^8 Az^4 Cl^8 \\ O^4 \end{matrix}\right\} + C^4 Cl^6. \end{matrix}$$

Le sesquichlorure de carbone $C^4 Cl^6$ dérivant de l'éther ordinaire $C^4 H^5 O$, on pourrait envisager ces combinaisons comme des éthers chlorés formés par l'union des chlorures de cyanogène avec le sesquichlorure de carbone.

» J'avoue que je n'aurais pas entrepris ce travail, à cause des difficultés que présente son étude, si les bienveillants conseils de mon maître, M. Dumas, ne m'avaient enhardi à aborder de nouveau ces recherches. Je suis heureux de témoigner à ce savant académicien toute ma reconnaissance pour les encouragements qu'il n'a cessé de me prodiguer. »

GÉOLOGIE. — *Recherches sur la composition des roches du terrain de transition; par* M. Sauvage. (Extrait.)

(Commissaires, MM. Berthier, Cordier, Dufrénoy.)

« Parmi les roches qui composent le terrain silurien de l'Ardenne, les schistes ardoisiers offrent à l'étude un intérêt tout particulier.

» Dans certaines couches, la fissilité est extrême, et le feuillet qui fait

généralement un angle aigu avec le plan de la stratification, conserve dans les plis nombreux du terrain un parallélisme constant. Il résulte de ce fait, signalé depuis longtemps par MM. les ingénieurs Parrot et de Hennezel, que la division schisteuse est postérieure, non-seulement au dépôt de la masse, mais encore au relèvement et au froncement des couches du terrain.

» Nous nous sommes proposé de rechercher si cette fissilité est liée d'une manière particulière à la composition de la roche, et quelles variations on pourrait rencontrer dans l'association des éléments qui constituent des schistes recueillis en divers points de la série et présentant des différences dans l'aspect physique, la texture et le degré de fissilité.

» Nous avons reconnu, par un grand nombre d'analyses, que cette fissilité est tout à fait indépendante de la composition chimique, et que le schiste le plus grossier et le moins fissile renferme les mêmes éléments, à peu de chose près en même proportion, que les meilleures ardoises. D'un autre côté, l'étude d'une collection de roches que M. de Tchihatcheff, géologue russe, nous a adressées, et qui proviennent des frontières de la Chine et de la Sibérie, a conduit à ce fait inverse: que des schistes, comparables pour la fissilité à ceux de l'Ardenne, s'en écartent notablement par la composition.

» Le schiste ardennais est généralement d'une texture fine et serrée; sa couleur est tantôt le gris clair plus ou moins verdâtre, tantôt le gris bleuâtre, tantôt enfin le noir et le violet. Certaines couches sont criblées de petits cristaux octaédriques de fer oxydulé. Quand la roche est pulvérisée, le barreau aimanté en enlève jusqu'à 0,023. La pyrite de fer en petits cristaux cubiques y est aussi abondante. Sa densité moyenne est 2,80. Tous les schistes perdent, par une forte calcination à la chaleur blanche, une petite quantité d'eau qui varie des deux aux quatre centièmes du poids de la roche. Tous renferment, même les plus inférieurs, une faible proportion de matière organique à laquelle quelques-uns doivent leur nuance grise. Vue au microscope, la poussière de schiste apparaît sous forme de petites masses cristallines, amorphes et transparentes. Les variétés qui ne renferment qu'une faible trace de matière organique, et c'est le plus grand nombre, se décolorent par l'action de l'acide chlorhydrique. Le résidu est blanc, d'aspect soyeux, et les particules qui le composent, mises en suspension dans l'eau, réfléchissent la lumière. Ce résidu lui-même n'est pas homogène ; l'acide sulfurique l'attaque avec facilité, et la partie qu'il décompose consiste presque entièrement en un silicate alumineux anhydre, avec

une proportion notable de potasse et de soude. La portion qui résiste à l'action des réactifs acides est du quartz, mélangé de quelques débris feldspathiques.

» On a mis à profit ces diverses réactions pour analyser les schistes. La roche, réduite sous l'eau en poudre impalpable, était traitée par l'acide chlorhydrique concentré. On avait soin de ne pas trop prolonger l'action de cet acide qui finit par attaquer sensiblement le silicate d'alumine. La silice, mise à nu, était enlevée par une dissolution faible de potasse, et le résidu traité par l'acide sulfurique concentré. Puis, la silice dissoute comme précédemment, le nouveau reste était soumis à l'action de l'acide fluorhydrique.

» En appliquant ce mode d'analyse à neuf échantillons qui représentent les principales variétés du groupe et qui sont : le schiste gris-verdâtre, à cristaux de fer oxydulé de Deville ; le schiste gris avec fer oxydulé de Rimogne ; le schiste gris-bleu de Rimogne ; le schiste gris de fumée de Monthermé ; le schiste violet et le schiste rouge de Fumay ; le schiste noir de Fumay ; le schiste vert et le schiste rouge de Charleville, on est arrivé à représenter ainsi la composition des schistes :

» 1°. 0,13 à 0,27 d'un élément silicaté, attaquable par l'acide chlorhydrique ;

» 2°. 0,30 à 0,50 d'un silicate d'alumine avec magnésie et alcali, attaquable par l'acide sulfurique ;

» 3°. 0,02 à 0,04 d'un élément feldspathique : orthose, albite, spodumene, etc. ;

» 4°. 0,25 à 0,40 de quartz.

» La partie du schiste que décompose l'acide chlorhydrique est complexe. Une portion des oxydes de fer et de manganèse qu'elle renferme habituellement n'appartient pas au silicate qui la constitue presque entièrement. Ces oxydes entrent souvent à l'état de simple mélange dans le schiste qu'ils colorent en rouge ou en noir. Si l'on en fait abstraction, ce qui est facile en opérant sur des variétés plus pures, on trouve dans la dissolution les éléments des chlorites. C'est ordinairement :

Silice.	0,27	
Alumine.	0,18	
Peroxyde de fer et de manganèse. . .	0,20	
Magnésie et chaux.	0,20	(la chaux en très-faible proportion).
Eau.	0,15	
	1,00	

D'ailleurs, la magnésie et le protoxyde de fer se substituent l'un à l'autre comme isomorphes. La dissolution renferme toujours des traces de potasse ou de soude, et il est difficile de décider si ces alcalis font partie de la chlorite, ou s'ils proviennent d'un silico-aluminate alcalin qui y serait mélangé.

» Le silicate d'alumine, attaqué par l'acide sulfurique, est essentiellement composé de

Silice.	0,48
Alumine.	0,40

et il renferme, en outre, des quantités variables de magnésie, de protoxyde de fer, de potasse et de soude. La proportion de potasse est considérable, elle varie des 0,04 aux 0,06; celle de soude des 0,004 aux 0,023.

» En examinant les proportions d'oxygène des divers éléments, on reconnaît que le rapport entre l'oxygène des bases et celui de la silice n'est pas simple. L'alumine et les bases à un atome n'y sont donc point au même degré de saturation. Toutefois, le silicate doit être très-rapproché de celui que représente la formule AS. Il est très-probable que cette seconde partie du schiste est principalement formée de ce silicate AS auquel seraient associés un ou plusieurs silicates multiples. Deux des variétés examinées conduisent à des résultats assez simples. En effet, si l'on forme avec les bases à un atome un trisilicate, on en représentera très-exactement la composition par $AS(Ca, Mg\, Na, Ka)S^3$. La présence du protoxyde de fer observé dans d'autres échantillons pourrait provenir, soit d'un élément amphibolique, soit d'une partie de la chlorite qui aurait résisté à l'action de l'acide chlorhydrique.

» Abstraction faite de l'eau, la composition de ces silicates est la même que celle de certains kaolins et de certaines argiles. M. Berthier a fait voir, en effet, que le kaolin de Limoges est exactement représenté par $(AS + \frac{2}{3}Aq), Mg\,S^3$. En retranchant l'eau, on aura la formule des schistes de Monthermé et de Fumay. En outre, M. Berthier a montré que d'autres kaolins et d'autres argiles, notamment la wake de Siegen, renferment des proportions considérables d'alcali. Enfin, ces schistes ont encore un caractère commun avec les argiles, par la manière dont ils se comportent avec les acides et les alcalis caustiques (ils n'en diffèrent que par l'absence de l'eau de combinaison). Il n'est point douteux qu'ils ne soient le produit d'une décomposition de roches feldspathiques, dont on retrouve des traces au milieu du quartz qui forme le tiers du poids total du schiste. Toutefois, le mode de décomposition de ces roches anciennes a différé essentiellement de ceux qui produi

sent les kaolins et les argiles et qui ont pour caractère commun de fixer au silicate d'alumine une certaine proportion d'eau. Il est probable que les circonstances sous l'influence desquelles d'énormes masses de feldspath se sont décomposées à l'époque du terrain silurien ont été telles, que l'eau n'a pu entrer en combinaison, car il nous paraît difficile d'admettre que l'expulsion de l'eau soit le résultat d'une action postérieure.

» En résumé, les schistes de l'Ardenne sont formés de débris de roches anciennes et d'éléments qui proviennent de la décomposition des roches feldspatiques ou amphiboliques ; car la chlorite elle-même dérive probablement de ces dernières. L'amphibole se montre d'ailleurs en plusieurs endroits du terrain ardoisier. Elle constitue, par son association avec l'albite, les diorites intercalées au milieu des strates sous forme de dykes.

» Ces éléments sont intimement mélangés, en parties d'une grande ténuité, mais d'inégales grosseurs. La chlorite y est en poussière très-fine, colorant les autres débris et souvent souillée par l'hydrate de fer ou l'oxyde de manganèse. Le silicate d'alumine anhydre s'y trouve sous forme de paillettes luisantes, le quartz en très-petits grains. Enfin on y rencontre accidentellement, et en très-petite quantité, du mica et quelques grains de corindon.

» Dans les schistes que nous venons de décrire, le silicate AS est un élément essentiel de la roche dont il forme souvent la moitié du poids ; et le feldspath dont il dérive ne s'y retrouve qu'en très-faible proportion. Un schiste de la frontière septentrionale de la Chine, remarquable par sa fissilité, ayant été soumis au même mode d'investigation, a donné :

Chlorite.	0,33
Silicate d'alumine avec magnésie et alcali...	0,07
Mélange d'orthose et d'albite............	0,30
Quartz .,..........................	0,30
	1,00

» D'où il résulte que la décomposition du feldspath était peu avancée lors de la formation du schiste.

» Enfin, l'association des mêmes éléments, auxquels se joint souvent le carbonate de chaux, constitue d'autres roches peu fissiles de l'Altaï oriental. Cela ressort de l'analyse de douze échantillons que nous donnons comme appendice à notre travail sur le terrain silurien de l'Ardenne. Dans une partie de ces roches, la proportion des débris feldspathiques varie du tiers aux deux tiers du poids total. Le feldspath est tantôt à base de potasse et tantôt à base de soude. Le silicate d'alumine s'y rencontre encore en notable proportion ;

le quartz y est généralement moins abondant que dans les roches qui précèdent. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Emploi de l'air comprimé pour les épuisements. Roches attaquées par la poudre dans des puits où l'air est comprimé à trois atmosphères. Application de l'air comprimé pour le sauvetage des bâtiments.* (Lettre de M. **Triger** à M. *Arago*.)

(Commission précédemment nommée.)

« L'intérêt que vous portez à l'emploi de l'air comprimé pour exécuter toute espèce de travaux sous les eaux ou dans les terrains submergés, me fait un devoir de vous informer que je viens d'essayer tout récemment la poudre dans le nouveau puits que j'exécute en ce moment sous les eaux de la Loire.

» Ayant rencontré, à la profondeur de 27 mètres, une roche trop dure pour céder aux outils ordinaires les mieux trempés, malgré l'avis de plusieurs physiciens distingués qui me grossissaient les inconvénients d'une détonation produite au fond d'un puits hermétiquement fermé et rempli d'air comprimé à 3 atmosphères, je n'en ai pas moins essayé avec plein succès ce moyen, et je m'empresse de vous informer qu'aucun des accidents prévus ne sont arrivés; que l'emploi de la poudre dans l'air comprimé est aussi facile qu'à l'air libre; que je le crois sans inconvénient, et qu'il produit exactement les mêmes résultats que dans les puits ordinaires.

» Effrayé d'abord des effets que pouvait produire une détonation dans l'air comprimé, j'ai commencé par employer la poudre à très-petite dose. Mais ayant réfléchi qu'en définitive je ne faisais qu'introduire dans mon puits, instantanément il est vrai, un volume de gaz 7 à 800 fois plus grand que celui de la poudre et qu'il ne pouvait en résulter de graves inconvénients, puisque ces détonations faisaient à peine osciller le mercure dans le manomètre, j'ai de suite employé la poudre comme à l'air libre, et je puis vous annoncer que depuis quinze jours j'en ai déjà brûlé plus de 50 kilogrammes avec un succès complet.

» Je vous apprendrai que pour obtenir ce résultat, j'ai été obligé de renoncer aux mèches de soufre généralement employées dans nos contrées pour allumer les mines. Ces mèches brûlaient avec trop d'activité et dégageaient une telle quantité d'acide sulfureux, que l'on ne pouvait retourner dans le puits qu'après plusieurs heures. J'ai paré à cet inconvénient en employant des mèches en amadou. Ces mèches, en brûlant plus lentement, offrent plus

de sécurité à l'ouvrier, et offrent en outre l'avantage de ne pas le gêner par leur mauvaise odeur.

» Quant à la détonation, elle n'est pas plus forte dans l'air comprimé qu'à l'air libre. Le coup semble plus sourd et fait à peine vibrer le tube en fer dont le puits est formé. Le coup, seulement, part avec une vitesse incomparablement plus prompte.

» Tels sont, monsieur, les renseignements que je m'empresse de vous donner sur l'emploi de la poudre dans l'air comprimé. Si vous en désirez de plus détaillés, veuillez m'en informer et je m'empresserai de répondre à toutes vos questions du mieux qu'il me sera possible.

» Je profite de cette occasion, monsieur, pour vous témoigner la surprise que j'ai éprouvée en apprenant que depuis quelque temps on fait des essais au Havre pour appliquer l'air comprimé au sauvetage des bâtiments. Ayant pris, de concert avec M. de Las Cases, un brevet pour cet objet depuis plus de quatre ans, et ayant, par conséquent, la priorité pour avoir songé à employer ce moyen, ce n'est pas sans étonnement que j'ai vu qu'on n'avait pas daigné nous consulter, ni même prendre auprès de nous le moindre renseignement. On aurait cependant pu profiter de notre expérience journalière, et je ne doute pas qu'on eût de cette manière évité une foule d'essais infructueux par lesquels il nous a fallu passer. C'est un fait sur lequel j'appelle votre attention, en vous annonçant de nouveau que l'emploi de l'air comprimé m'est devenu tellement familier aujourd'hui, que je puis garantir avec certitude:

» 1°. Que ce moyen est infaillible pour sauver un bâtiment dans les circonstances les plus graves;

» 2°. Que dans le cas d'une voie d'eau, il est de beaucoup préférable à l'usage des pompes, puisqu'une pompe ne fait qu'enlever l'eau entrée dans le bâtiment; tandis qu'au contraire l'air comprimé peut en même temps enlever cette eau et empêcher qu'il en entre de nouvelle;

» 3°. Qu'enfin aujourd'hui j'ai une telle expérience de l'air comprimé, que je puis affirmer que si l'on met à ma disposition la coque d'un bâtiment, on pourra en enlever successivement tout le bordage extérieur, y produire artificiellement toutes les avaries possibles, sans me faire quitter un seul instant cette coque, et que, sans difficulté, je réparerai à mesure toutes les avaries produites, secondé seulement par six ou huit ouvriers mineurs exercés à ce genre de travail.

» Joindre avec le solide, sous les sables et les eaux de la Loire, à 20 *mètres de profondeur*, un tube de $1^{m},80$ de diamètre est un *travail exactement pareil*, et même plus difficile que celui de remédier à de semblables avaries. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un nouveau système de lavage pour séparer les minerais de leurs gangues.* (Note de M. **Sainte-Preuve.**)

(Commissaires, MM. Berthier, de Bonnard, Dufrénoy.)

« Le lavage des minerais et généralement la séparation des matières d'inégale densité, comme les métaux natifs oxydés ou sulfurés et les gangues de ces minerais, ne s'accomplissent que lentement et à grands frais par les procédés usités.

» J'ai trouvé, il y a tantôt vingt ans, et j'ai soumis à quelques essais satisfaisants un procédé qui me paraît de beaucoup supérieur aux autres. Il repose sur les effets de la force centrifuge dont sont animées des matières dont les coefficients d'inertie sont différents, et qu'on fait tourner dans un même appareil. En combinant avec le mouvement rotatoire divers artifices tels que l'emploi de lames fixes qui labourent incessamment le mélange des matières qu'il faut séparer, j'obtiens en peu d'instants, et à bon marché, un triage des plus nets.

» Avant de livrer à l'industrie un système qui jusqu'ici était resté enfermé dans les limites de ma classe et de mon laboratoire, je désirerais avoir l'avis de l'Académie sur la valeur de ma très-modeste invention. »

MÉTALLURGIE. — *Mémoire sur les équations des quantités de chaleur perdues dans l'industrie du fer; par* **M. H. Rigaud.** (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Pouillet, Duhamel, Despretz.)

« Dans l'état actuel de l'industrie du fer, les divers procédés qu'on emploie ne semblent surbordonnés à aucune loi connue. Par exemple, dans le puddlage, qui est l'opération fondamentale, on garnit le foyer de combustible, on place la fonte sur la sole du four, et, après l'avoir amenée à l'état de fusion, on la travaille, on la transforme en fer.

» Mais pour cela, quelle a dû être la quantité de *chaleur produite,* la *partie utilisée,* la partie non utilisée ou *perdue?* Quelles sont les lois de la production et du développement de cette quantité de chaleur? celles de son emploi? de sa déperdition? Quels sont les moyens d'économie que la connaissance de ces lois permettrait d'introduire dans le travail? C'est ce qu'on n'a point encore déterminé.

» De là de fausses applications en grand nombre, soit dans le travail en lui-même, soit dans l'emploi de la chaleur qui arrive après l'*échappement du four* et que l'on nomme *chaleur perdue.* Dans ce dernier cas, par exem

ple, pour utiliser une quantité de chaleur que l'on ne connaît pas, et dans des conditions tout aussi ignorées, on fait usage de certaines chaudières dont, jusqu'à présent, la forme et les dimensions n'ont été soumises à aucune règle.

» Il serait donc très-important pour cette industrie de lui venir montrer quelles règles exactes elle doit suivre, et quelles sont les lois qui dirigent les phénomènes de ses diverses opérations.

» Le Mémoire que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie a pour objet :

» 1°. De déterminer les lois qui régissent les phénomènes du pudlage;

» 2°. D'établir l'*équation de la chaleur perdue* dans cette opération ;

» 3°. D'indiquer, au moyen de cette équation, les divers changements qu'il y aurait à introduire dans la pratique pour obtenir des résultats précis.

» Ce Mémoire n'est que le résumé d'un travail spécial beaucoup plus étendu que nous avons fait sur cette matière.

» Pour arriver aux résultats que nous venons d'indiquer, nous avons étudié, analysé, les conditions physiques des phénomènes du pudlage, recherché les causes de la chaleur perdue, déterminé les différents degrés de chaleur du fer, le degré de chaleur du four, l'influence de son mode de construction sur la marche de l'opération, le tirage et son degré de chaleur, sa vitesse, ses lois, ses effets, etc.

» Nous avons dressé un tableau des quantités de chaleur produites, employées et perdues dans le cours des opérations du pudlage, et des diverses lois que l'on y reconnaît.

» En voici le résumé :

LOIS ET RÉSULTATS DU PUDLAGE DES FONTES AU COKE.

Lois de la répartition de la chaleur dans le four.

I.	La température moyenne de la masse d'un four est environ.	1000°
II.	La capacité calorifique du four est	0,400
III.	Sa chaleur intérieure..........................	2600°
IV.	Le nombre d'unité de chaleur perdue *est constant*.	
V.	Le rapport du nombre de degrés de chaleur employés à celui produit est..............................	0,11
VI.	La vitesse du tirage est constante, et de..............	$16^{m},66$
VII.	Le coefficient d'écoulement de l'air chaud à 800 degrés est encore.....................................	0,60

Lois de l'emploi de la chaleur.

VIII. La fonte, pour être transformée en fer, absorbe seulement de la chaleur produite.......................... 5 p. 100
IX. L'air froid extérieur entré dans le four par les ouvertures de travail en prend.......................... 18 p. 100
X. Le rayonnement du four.......................... 4 p. 100
XI. La perte de combustible par le cendrier.......................... 2,78
XII. L'eau.......................... 1,65
XIII. La chaleur employée en totalité avant l'échappement est de.......................... 30 p. 100
XIV. Celle qui est perdue après.......................... 70

Lois de l'utilisation de la chaleur perdue.

XV. Lorsque l'on veut utiliser cette chaleur pour la production de la vapeur par l'emploi de chaudières que l'on place à la suite de l'échappement, le degré de chaleur sous la chaudière est de.......................... 600°
XVI. La masse d'air qui y arrive est à celle nécessaire à la combustion dans le rapport de.......................... 6 à 5
XVII. La surface de chauffe doit être déterminée par des équations, et diffère beaucoup des surfaces de chauffe des chaudières chauffées par un foyer direct.
XVIII. L'effet utile que l'on peut en tirer de la vapeur produite par l'action de la chaleur perdue sur la chaudière, ainsi déterminée, peut varier de douze à vingt-cinq chevaux.

» On ne voit pas sans étonnement que la chaleur employée pour la fusion et le travail de la fonte *n'est que les* 0,05 *de la chaleur produite au foyer*, tandis que l'air froid qui entre dans le four pendant l'opération par les ouvertures de travail en enlève une quantité à laquelle on n'a jamais fait attention et qui est *plus de trois fois plus grande* ou les 0,18 de la chaleur totale!

» L'examen de ce tableau conduit naturellement aux nouvelles conditions de travail propre à donner des résultats plus avantageux. Ces conditions servent à établir *la théorie* et *les moyens pratiques* des nouveaux systèmes de pudlages désignés, en général, sous le nom de *pudlages au gaz.*

» Les lois et conditions physiques relatives au pudlage, que nous avons énoncées, n'ayant été établies que d'après l'étude d'un cas particulier, celui du pudlage des fontes au coke, on ne peut les considérer comme s'étendant

à tous les cas. D'un autre côté, les quantités de chaleur absorbées par les diverses causes ayant été obtenues chacune directement, on ne connaît pas les rapports qui peuvent exister entre elles.

» Dès lors, pour obtenir *les lois générales du pudlage* et déterminer les rapports qui existent entre les diverses quantités de chaleur absorbées, nous avons établi *les équations algébriques :*

» 1°. De la quantité de chaleur perdue ;

» 2°. De l'effet utile de cette chaleur perdue ;

» 3°. De la surface de chauffe nécessaire pour que la chaudière produise l'effet utile indiqué ;

» 4°. Enfin, les équations de la hauteur de la cheminée, des conduits, etc.

» Ces diverses équations, notamment la première, renferment des termes correspondants à toutes les conditions du travail, et dans ces termes deux sortes de facteurs. Les uns représentent les conditions pratiques de l'opération, comme le poids du charbon, celui de la fonte, la surface du four, le temps du travail, facteurs qu'on peut déterminer directement. Les autres représentent la température de l'intérieur du four, celle du tirage, la vitesse de l'air, etc., facteurs que l'on a déterminés par des expériences et des calculs, et qui, résumant toutes les difficultés des applications, ne pourraient être, dans la pratique, déterminés par tout le monde.

» Les recherches suivantes ont pour but de trouver les relations qui lient ces derniers facteurs entre eux, afin de rendre leur détermination plus facile, et les lois générales plus simples.

» A cet effet, en comparant entre elles les équations que nous avons obtenues, on voit que les diverses lois précédemment énoncées *se combinent en une seule* dont chacune d'elles n'est qu'une déduction particulière, et qui représente ainsi la *loi conditionnelle et fondamentale* des phénomènes du pudlage, d'où chacune des autres lois se déduit, et dont voici l'énoncé :

» 1°. Dans le travail du pudlage, le degré de chaleur du tirage dans la cheminée, multiplié par le temps, en secondes, de l'entrée de l'air, par l'ouverture de travail, et par les dimensions de cette ouverture, *est un produit constant.*

» 2°. D'après les indices fournis par les résultats que nous avons obtenus, cette constante, multipliée par les coefficients nécessaires, marqués dans l'équation, pour obtenir le poids de l'air, donne un produit égal à la capacité calorifique du charbon employé. Ces résultats remarquables placent ainsi les phénomènes du travail actuel des fours à pudler sous des lois mathéma-

tiques analogues à celles qui régissent les divers phénomènes physiques, et servent en outre à indiquer tous ceux qui peuvent s'y rattacher.

» De ces faits, les équations précédentes reçoivent une extrême simplification, et, pour faciliter leur emploi, nous avons donné des exemples de leur application :

» 1°. Aux fours à pudler travaillant la fonte au coke;

» 2°. Aux fours à pudler travaillant la fonte au bois.

» Pour ce dernier cas, nous n'avons pas été mis à même de faire les expériences propres à déterminer les valeurs des vitesses et des températures. Nous nous sommes servi des valeurs déjà obtenues, sauf à vérifier leur exactitude pour cette application.

» Les résultats donnés par ces équations, dans les deux cas, ne s'accordent *nullement* avec ceux de la pratique actuelle. Mais *nos équations indiquent les causes de cette différence.* C'est ainsi que dans un cas, celui du pudlage des fontes au coke, on obtient seulement la moitié de l'effet utile marqué par les formules, parce que la surface de chauffe des chaudières n'est que la moitié de ce qu'elle devrait être; que dans un autre cas, celui du pudlage des fontes au bois, on est obligé, pour obtenir tout l'effet utile possible, de mettre des foyers auxiliaires augmentant la vitesse du tirage, parce que la cheminée n'a que la moitié de la hauteur qu'elle devrait avoir.

» Les formules conduisant à ces résultats, on peut donc établir pour elles ce que la pratique refuse sans cesse d'accorder :

» 1°. Que ces formules sont exactes;

» 2°. Qu'elles sont utiles.

» On peut ensuite remarquer que les valeurs des vitesses et des températures que nous avons prises pour le pudlage des fontes au bois, les mêmes que dans le cas du pudlage des fontes au coke, nous ont conduit à des résultats exacts. Ces valeurs des vitesses et des températures *sont* donc les *mêmes* dans les deux cas, et l'on peut ainsi, d'après ce résultat et ceux donnés par les applications, établir en troisième lieu :

» 3°. Les pudlages des fontes au bois et ceux des fontes au coke ont entre eux deux sortes de rapports : les uns qui varient avec les circonstances de l'opération, les autres qui demeurent constants quelles que soient les conditions pratiques.

» Ces seconds rapports constituent les lois générales des pudlages; ils ont été déterminés par les résultats identiques, obtenus d'après les équations, dans les diverses expériences, et de cette manière on les a trouvés par l'*analyse*.

Pour quelques-uns d'entre eux, nous démontrons ensuite directement, et par l'expérience, qu'ils devaient nécessairement avoir lieu.

» D'après ces lois générales, on arrive aux résultats suivants.

» Dans tout système de pudlage, soit dans celui des fontes au bois, soit dans celui des fontes au coke,

Pour le mode de la répartition de la chaleur :

» 1°. La partie nécessaire au tirage est celle qui s'établit la première.

» 2°. Le travail des fontes et le chauffage des fours absorbent la chaleur qui leur est nécessaire.

» 3°. Les chaudières utilisent la partie qui reste.

Pour les quantités de chaleur employées :

» 4°. La chaleur employée pour le tirage est les 0,20 de celle du foyer.

» 5°. Les quantités de chaleur employées *par le four, par le travail de la fonte* et *par le chauffage des chaudières*, bien qu'extrêmement différentes dans les deux cas, en somme se trouvent cependant égales et les 0,80 de la chaleur développée au foyer.

» Ainsi, lorsque les fours utilisent ce qu'on nomme leur chaleur perdue, l'effet utile est ou paraît être de 0,80.

» Lorsqu'ils la laissent échapper, la quantité de chaleur sans emploi qui s'écoule est de 0,40 à 0,50, suivant que l'on travaille des fontes au bois ou des fontes au coke.

» Dans l'état actuel de la construction des fours, ces 40 à 50 pour 100, produits inutilement, servent à compenser la hauteur de la cheminée, qui n'est que de 12 à 15 mètres, tandis qu'elle devrait être de 36 mètres.

» 6°. Enfin, les vitesses et les températures du tirage sont les mêmes dans le pudlage des fontes au bois et dans celui des fontes au coke.

» Ce dernier résultat des équations se démontre directement par les données du travail. On peut ainsi, dans l'équation de la quantité de chaleur perdue, remplacer la série des facteurs correspondants aux vitesses et aux températures, par leur valeur numérique, et dès lors on ne conserve plus dans cette équation que des termes correspondants aux données variables du travail, c'est-à-dire les conditions pratiques du pudlage, les poids, les surfaces, les temps, etc.

» Nous concluons donc :

» 1°. Que la quantité de chaleur perdue d'un four à pudler peut être donnée par une équation dans laquelle on ne conserve plus que les termes

pratiques représentant les poids, le temps, les surfaces, etc., valeurs variables suivant les cas, et que l'opération détermine;

» 2°. Que cette équation sert à corriger, très-utilement, toutes les erreurs de la pratique;

» 3°. Que le travail du pudlage et ses diverses circonstances sont soumis à des lois générales, à l'existence desquelles, jusqu'ici, on n'avait pas songé, et que nous avons démontrées.

» Les recherches de ce genre seraient importantes dans l'industrie du fer, et cependant on ne paraît point s'en être préoccupé, et cette industrie ellemême ne paraît guère y songer. On peut maintenant trouver pour *les fours à réchauffer*, et même pour *les hauts fourneaux*, les résultats analogues à ceux que nous avons donnés, en se servant des mêmes équations modifiées plus ou moins. Mais il y aurait encore à déterminer, par exemple, quelle force donner à une machine pour un travail donné; quels degrés exacts de pression il faut donner au fer lors de son laminage; quelles formes successives on doit lui faire prendre; quelles seraient les équations de chacune de ses sections pour l'amener à une forme voulue, etc.

» Ce sont autant de sujets sur lesquels cette industrie ne possède aucun enseignement. Nous soumettrons à l'Académie, à cet égard, différents autres Mémoires. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *De l'action perturbatrice exercée par la Lune et le Soleil sur la pesanteur à la surface de la Terre; par* M. BRETON.

(Commissaires, MM. Arago, Liouville, Duperrey.)

MM. COSTE et JARRE soumettent au jugement de l'Académie une nouvelle disposition d'*armes à feu qui, se chargeant par la culasse, paraissent, néanmoins, n'être pas sujettes à cracher.*

(Commissaires, MM. Arago, Piobert, Seguier.)

CORRESPONDANCE.

M. le MINISTRE DE LA GUERRE adresse un exemplaire d'une brochure publiée par ordre de l'Administration, et qui comprend divers documents relatifs à la *culture du pavot* et à la *récolte de l'opium* en Algérie. (*Voir au Bulletin bibliographique.*)

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES

écrit que cette Académie, d'après la demande qui lui avait été adressée par l'Académie des Sciences, dans sa séance du 7 juillet, a désigné M. **Burnouf** comme devant prendre part aux travaux de la Commission chargée de faire à M. le Ministre de la Marine un Rapport sur le travail de M. *Lebatard* concernant les îles Marquises.

M. **Arago** met sous les yeux de l'Académie plusieurs nouvelles *images photographiques très-belles*, obtenues par M. **Martins** avec son *daguerréotype panoramique*.

M. **Arago** présente ensuite d'autres *images photographiques vraiment remarquables,* représentant des hommes, des femmes et des enfants appartenant à diverses *peuplades nègres*. Ces portraits ont été faits à Lisbonne par M. **Thiesson**.

ANTHROPOLOGIE COMPARÉE. — *Observations sur l'application de la photographie à l'étude des races humaines; par* M. **Serres**.

« En présentant à l'Académie, il y a environ un an, M. Arago et moi, les épreuves photographiques des Botocudes, faites par M. Thiesson, nous fîmes remarquer toute l'utilité que cet art promettait pour l'étude des races humaines, ou l'anthropologie comparée.

» Nous fîmes remarquer que l'imperfection de cette branche de l'histoire naturelle, si sensible quand on la rapproche du degré de perfection où est parvenue la zoologie, avait une de ses principales causes dans l'absence d'un Musée anthropologique.

» Quand on suit, en effet, les progrès récents et si rapides de la zoologie, on trouve qu'ils datent de l'époque où de grands Musées, fondés sur plusieurs points du monde savant, ont permis aux zoologistes de substituer, aux descriptions toujours insuffisantes, l'examen direct et comparatif des objets de leurs études. Cet examen comparatif et direct manquant aux anthropologistes, la partie spéculative de la science a pris le dessus sur sa partie positive; les hypothèses et les systèmes ont pris et ont dû prendre la place des faits.

» Dans cet état de la science, et d'après les difficultés de toute nature qui rendent si difficile l'établissement d'un Musée anthropologique, on conçoit l'intérêt qui se rattache à la représentation fidèle et rapide des caractères physiques de l'homme, surtout quand, à cette fidélité de reproduction des caractères, se joint la possibilité de les saisir sous leurs divers rapports. C'est ce que fait l'art photographique, c'est ce que nous montrèrent, à un degré

très-satisfaisant, les épreuves des Botocudes que M. Thiesson soumit à notre examen.

» Ce fut aussi en considérant la pureté des caractères de ces indigènes de l'Amérique, et l'effet qui ressortait de leur ensemble, que nous entrevîmes toute l'utilité d'un Musée photographique des races humaines, pour les progrès de l'anthropologie et l'enseignement de cette science.

» Cette idée d'utilité, partagée par M. Thiesson, devint la cause déterminante d'un voyage en Portugal et en Italie, pour en essayer la réalisation. Comme on devait s'y attendre, cet essai a eu des résultats qui mettent hors de doute toute l'importance de l'art photographique pour l'histoire naturelle de l'homme.

» Ainsi que nous l'avions conseillé à M. Thiesson, la race africaine ou éthiopique a été le premier objet de ses études photographiques. Il a rapporté de son voyage vingt-deux épreuves de cette race, prises à Lisbonne, à Cadiz, et représentant des individus d'âge et de sexes divers. Ce sont ces épreuves que M. Arago vient de soumettre à l'examen de l'Académie, et dont il a fait remarquer tout le degré de précision.

» Quoique prises au hasard, chacune de ces épreuves présente un intérêt scientifique spécial; et lorsqu'on les compare entre elles pour saisir leur ensemble, cet intérêt scientifique accroît encore à cause de la nature même de la race éthiopique, si anciennement connue et si étrangement défigurée par les vues systématiques des philosophes et des anthropologistes.

» Les premiers, en y voyant le passage du singe à l'homme, passage qui leur était nécessaire pour établir la série continue des êtres organisés, ont préparé sans le vouloir le code affreux de la traite des noirs. Les seconds, par une voie opposée, c'est-à-dire en les comparant à la race européenne, ont été conduits à exagérer leur dégradation en descendant pour leur terme de rapport à la race hottentote et boschismane. Dans les deux cas, le nègre est quelque chose de plus qu'un singe, mais il est considéré comme quelque chose de moins qu'un homme. Nos descriptions se ressentent encore de cette fâcheuse empreinte, par la raison que les vues si philanthropiques de Volney pour l'effacer, sont toutes des vues physiologiques erronées.

» Pour assigner à la race africaine le rang qu'elle doit occuper dans la grande famille humaine, il est indispensable d'avoir sous les yeux les variétés nombreuses dont elle se compose, variétés plus tranchées que dans les autres races, et que la photographie, par la rapidité de son exécution, est plus propre à nous reproduire que tout autre procédé.

» Les épreuves prises par M. Thiesson en montrent déjà quelques-unes,

et l'on suit le passage de l'une à l'autre, avec une netteté qui concorde avec les règles de l'anthropogénie et de l'embryogénie comparée.

» Or, comme dans la nature, les passages d'une variété à une autre ne sont indiqués que par des modifications dans les caractères fondamentaux, on conçoit que si la photographie traduit ces nuances de caractères, à plus forte raison est-elle très-propre à exprimer ces caractères eux-mêmes.

» L'essai de M. Thiesson, sur la reproduction d'une partie des types de la race africaine ou éthiopique, a donc pour résultat de montrer expérimentalement, toute l'utilité de l'art photographique pour l'étude des races humaines.

» Si, comme nous le disions il y a un instant, les progrès de la zoologie sont dus en grande partie à la fondation moderne des Musées zoologiques; si, par le rapprochement des caractères des animaux, on a pu apprécier avec certitude leurs véritables rapports et les classer méthodiquement; si le résultat philosophique de la zooclassie a été de nous apprendre ce que sont dans l'ordre de la création, et les unes par rapport aux autres, les grandes coupes du règne animal; si, en un mot, l'étude des faits a été substituée dans cette science à l'entraînement de l'esprit de système, que ne doit-on pas espérer de l'introduction des faits dans une science qui, comme l'anthropologie, en a presque été dépourvue jusqu'à ce jour? dans une science où l'absence des faits a rendu presque nécessaire l'esprit de système, sans posséder aucun moyen positif qui pût en modérer les écarts? Aussi, depuis Platon, depuis Galien, que d'hypothèses sur l'homme et sur la nature humaine! aussi, depuis Linné, Buffon et Zimmermann, que d'opinions sur la génération de ses caractères, sur la dispersion de l'homme sur la surface du globe, sur la circonscription des races et leur délimitation, sur le parallèle des zones des variétés humaines avec les zones animales et végétales; et, enfin, sur l'action que les influences de localité ont pu exercer sur le développement du physique et du moral de l'espèce humaine!

» Parmi ces matériaux, il en est sans doute de très-précieux; mais le moyen de les juger, le moyen de les apprécier à leur juste valeur nous manquera, tant que les caractères humains des races ne seront pas déterminés avec précision.

» Or, cette précision dans la détermination des caractères des races humaines et de leurs variétés qui, comme on le voit, doit constituer le premier terme de l'anthropologie, nous ne pouvons espérer de l'obtenir que lorsqu'un Musée anthropologique, mettant en présence tous ces caractères, permettra aux anthropologistes de saisir leurs rapports et d'apprécier leur transformation.

» C'est ce que les professeurs du Muséum d'Histoire naturelle de Paris ont parfaitement compris; c'est ce que le Gouvernement a parfaitement exprimé dans l'ordonnance du 3 décembre 1838 (*), qui transforme la chaire d'Anatomie humaine du Muséum, en chaire d'Anatomie et d'Histoire naturelle de l'homme. Mais c'est aussi ce que des obstacles de toute nature ont empêché d'exécuter jusqu'à ce jour.

» La découverte de M. Daguerre, en nous donnant le moyen de fonder un Musée photographique, dans lequel pourront être reproduits et ces caractères et leurs modifications et leurs transitions, est donc une des acquisitions les plus précieuses pour les progrès de la science de l'homme; acquisition d'autant plus précieuse que, comme vient de le dire avec tant de raison M. Arago, il ne sera plus indispensable d'entreprendre de longs voyages pour aller à la recherche des types humains.

» Ces types viendront eux-mêmes au-devant de nous par les progrès incessants de la civilisation. Nos grandes villes, nos ports de mer en présentent constamment; il ne s'agit que de les saisir au passage et d'en fixer les traits et les caractères. Or, comme on vient de le voir, c'est ce que fait l'art photographique avec une perfection rare, et une rapidité qui ajoute encore à sa valeur. »

(*) Cette ordonnance, un des actes les plus remarquables du premier ministère de M. de Salvandy, assure l'avenir de l'anthropologie comparée. Dans mon ouvrage sur l'anatomie comparée du cerveau, et dans celui sur les lois de l'ostéogénie, couronnés tous les deux par l'Académie, en 1819 et 1821, j'avais montré, d'après des faits nombreux d'organogénie, que l'embryogénie comparée devait servir de fondement à cette nouvelle science. J'avais montré qu'en considérant l'embryon comme la miniature de l'adulte, on n'était pas seulement en dehors de la vérité, mais que de plus toutes les branches de l'étude physique de l'homme se trouvaient enrayées par cette hypothèse. L'anthropologie comparée se trouvait arrêtée de plus par cette autre hypothèse de la préexistence des germes et de leur emboîtement qui avait abouti, en zoologie, à faire supposer l'immutabilité des espèces.

Quoique la majorité des faits qui servent de base à ces ouvrages aient été adoptés dans la science, il était à craindre peut-être qu'ils ne fussent délaissés à cause de la difficulté de leur vérification.

Désormais ce délaissement est peu probable; car dans les considérants qui précèdent l'ordonnance, il est enjoint au professeur d'exposer les caractères des races humaines, de suivre leur filiation, et il lui est recommandé de continuer le cabinet anthropologique, dans le double but de rendre les leçons plus positives et de faciliter les travaux relatifs à l'histoire naturelle de l'homme.

Or, dans l'état présent des sciences anatomiques, nul professeur ne pourra convenablement remplir cette tâche, sans prendre ses points d'appui sur l'organogénie et l'embryogénie comparées.

(Une Commission, composée de MM. Arago, Serres, Flourens, Dumas et Bory de Saint-Vincent, est chargée de faire un Rapport sur les résultats obtenus par M. Thiesson, considérés en eux-mêmes et dans leur rapport avec l'anthropologie.)

M. **Arago** met sous les yeux de l'Académie le tracé sur cuivre d'une carte de France réduite par M. **Pawlowicz**, au moyen de son *pantographe*. Sur ce tracé les lignes et les noms de lieux, quand on les observe à la loupe, se montrent d'une netteté parfaite, quoique le diamètre du disque entier soit à peine de 3 centimètres de diamètre.

PHYSIQUE. — *Note sur l'induction électro-statique ou de la décharge de la bouteille; par* M. **Ch. Matteucci.**

« Dans mon Mémoire sur l'induction électro-statique ou de la décharge de la bouteille, inséré dans les *Annales de Chimie et de Physique,* février 1842, j'ai tâché de déterminer la direction des courants induits d'un ordre différent relativement à celle du courant principal, suivant que le circuit inducteur ou l'induit étaient ou tous les deux fermés, ou tous les deux ouverts, ou l'un fermé et l'autre ouvert. Dans le cas des circuits fermés, la direction du courant était déterminée par le galvanomètre ; dans le cas du circuit ouvert, elle était indiquée par la position du trou fait dans le papier par l'étincelle, relativement aux deux extrémités de la spirale. L'incertitude qui règne toujours sur la direction des décharges qui magnétisent les aiguilles d'acier ou de fer doux, m'avait fait renoncer à une telle méthode. Les résultats auxquels je parvins dans ce Mémoire sont ceux-ci : Le courant induit par la décharge de la bouteille est toujours dans une direction contraire à la décharge même, si le circuit induit est ouvert, ou bien s'il y a étincelle; au contraire, le courant induit est dans le même sens que la décharge si le circuit est fermé. En étudiant la direction des courants induits de deuxième et de troisième ordre, produits par le courant induit de premier ou de second ordre, les résultats étaient généralisés de la manière suivante : quel que soit le circuit secondaire que l'on prend, le courant développé par induction est toujours dirigé dans le même sens que le courant inducteur, si l'un des circuits, n'importe lequel, est fermé, et l'autre ouvert. Mais si ces deux circuits sont ou tous les deux fermés, ou tous les deux ouverts, le courant d'induction est dirigé en sens contraire du courant inducteur. Dans un cas, l'induction s'opère comme par le courant voltaïque qui cesse, et dans l'autre, comme dans le cas où ce courant commence à agir.

» Depuis lors, j'ai eu bien souvent l'occasion de répéter mes expériences, surtout dans mes Leçons, et je ne me suis jamais aperçu de m'être trompé. L'appareil dont je me servais alors, et que j'emploie encore à présent, se réduit à un certain nombre de spirales planes sur chacune desquelles est roulé un fil de cuivre de deux tiers de millimètre de diamètre et de 23 mètres de longueur. La décharge dont je me sers est celle que j'obtiens d'un certain nombre de bouteilles ordinaires. L'appareil pour faire le trou dans le papier est l'appareil bien connu de Lullin, où deux pointes métalliques touchent les deux faces d'une feuille de papier à la distance de quelques millimètres l'une de l'autre. En étudiant la direction du courant induit à circuit fermé et de premier ordre, avec le galvanomètre ou avec le magnétisme communiqué dans le même temps, on ne tarde pas à découvrir que par une charge donnée, le courant d'induction varie de direction à mesure qu'on éloigne les deux spirales si l'on se sert du magnétisme, tandis qu'avec le galvanomètre la direction du courant induit est constamment dans le même sens que la décharge, et ne fait que diminuer rapidement par la distance.

» Dans les n°s 1 et 2 des *Annalen der Physik and Chemie von Poggendorff*, 1845, il y a un Mémoire de M. Knochenhauer sur le courant secondaire.

» Ce physicien emploie, pour étudier, le même appareil dont s'est servi Harris et dont s'est servi aussi Riess, principalement dans ses belles recherches sur l'induction. M. Knochenhauer, en étudiant la direction du courant induit par la décharge de la bouteille, est arrivé à un résultat opposé au mien. Il conclut, d'après ses expériences, que la direction du courant induit est la même, soit que le circuit soit fermé, soit qu'il soit ouvert. Si j'ai bien compris ce que ce physicien dit à la page 293 de son Mémoire, la méthode dont il se sert pour étudier la direction du courant induit serait la suivante: dans le circuit induit ou secondaire, il introduit par dérivation le courant principal ou inducteur. Un thermoscope fait partie du circuit induit, et un autre de l'inducteur. Les échauffements des deux thermoscopes sont mesurés soit dans le cas où l'un des circuits est ouvert, et par conséquent avec l'étincelle, soit dans le cas où le circuit est fermé; dans ces deux expériences de comparaison, la direction de l'inducteur est la même. Dans une autre série d'expériences, l'auteur fait la même comparaison en renversant la direction du courant inducteur. Les échauffements obtenus sont sensiblement les mêmes, soit avec le circuit ouvert, soit avec le circuit fermé. M. Knochenhauer déduit de ces résultats que la direction du courant induit est aussi bien constante avec le circuit ouvert qu'avec le circuit fermé de l'inducteur. Si je

ne me trompe, le fondement de cette conclusion réside tout à fait dans l'hypothèse que deux courants, transmis dans un fil métallique en direction contraire, produisent dans ce même fil un échauffement plus faible que celui que produisent ces mêmes courants dirigés dans le même sens. D'où il résulterait, d'après ce savant, que si la direction du courant induit était renversée à cause de la fermeture ou de l'ouverture du circuit inducteur, l'échauffement produit par le courant induit devrait être différent, attendu qu'il se trouve tantôt dans le sens du courant inducteur, tantôt dans le sens contraire. Trouvant par l'expérience le même échauffement dans les deux cas, il serait prouvé pour l'auteur que la direction du courant induit est toujours la même.

» Pour que cette conclusion fût exacte, il faudrait que l'expérience eût démontré le principe sur lequel elle est fondée. Je ne sache pas qu'il y ait, dans les beaux travaux de Riess, ni dans ceux de Harris, ni dans ceux de l'auteur, aucune expérience qui prouve la nullité de l'effet calorifique de deux courants égaux qui circulent dans un fil en direction contraire. Je pense que l'on doit distinguer le cas où le fil thermoscopique est le corps sur lequel agissent les deux causes qui tendent à produire les courants en direction opposée, du cas dans lequel le fil thermoscopique est parcouru par les deux courants produits dans un point quelconque du circuit. M'étant rappelé que j'avais tenté dernièrement quelques expériences sur ce sujet, il m'avait semblé que la supposition de l'auteur n'était pas d'accord avec les faits; toutefois, j'ai cru devoir tenter de nouveau quelques expériences pour mieux fixer mon opinion sur ce point. J'ai fait passer le courant d'un couple de Bunsen par la spirale en platine de l'appareil même de Riess et de l'auteur, et, après que l'index de l'instrument eût été fixé, je fis traverser la même spirale par la décharge de trois bouteilles dirigée tantôt dans le sens du courant voltaïque, tantôt dans le sens contraire. L'intensité de la décharge et celle du courant étaient réglées de manière qu'en passant par la spirale en platine, elles pussent produire séparément le même échauffement. Je ne m'arrêterai pas à décrire la disposition de ces expériences, trop aisées à comprendre. Quelle que fût la direction de la décharge, l'échauffement obtenu était le même et sensiblement égal à la somme des échauffements causés par la décharge et par le courant séparément. Si dans les expériences que j'ai tentées il me fût arrivé de trouver des différences considérables entre un cas et un autre, j'aurais éprouvé la nécessité de les varier et de les étendre; mais, au contraire, les résultats ayant été bien d'accord avec la supposition, que l'échauffement produit par deux décharges électriques ne varie pas avec leur direction relative, j'ai cru devoir me contenter de ce que j'ai fait. Je me pro-

pose pourtant de revenir plus au long sur ces recherches. Cependant, si l'on admet comme vrais les résultats de M. Knochenhauer, il s'ensuivrait que l'intensité du courant induit par un courant inducteur, tantôt à circuit ouvert, tantôt à circuit fermé, serait la même; de sorte que la différence se réduirait à ceci : le courant d'induction serait produit, tantôt lorsque l'induction commence à agir, tantôt lorsqu'elle finit.

» Quoi qu'il en soit des recherches sur la direction du courant induit trouvée par le moyen de l'échauffement, je me suis cru obligé de répéter encore une fois mes expériences. Dans le cas des circuits fermés, j'ai employé le galvanomètre; les indications de cet instrument ne peuvent pas induire en erreur, et j'ai trouvé encore dernièrement les mêmes résultats. Dans le cas des circuits ouverts, je ne pouvais employer le galvanomètre, et je n'avais à me décider qu'entre la magnétisation et le trou pratiqué dans le papier par l'étincelle. Tout physicien qui a fait quelques expériences sur la magnétisation produite par la décharge de la bouteille, se convaincra aisément de toute l'incertitude de cette méthode. J'ai donc répété le plus que je l'ai pu l'expérience de Lullin, en faisant varier la distance entre les deux pointes métalliques, leur nature, la quantité de la charge, la grosseur du papier. J'ai encore rapporté, dans mes Leçons de Physique, quelques expériences sur ce sujet. Le trou se forme constamment en contact avec l'extrémité négative. Tant que le papier est sec, tant que les pointes métalliques sont bien en contact avec le papier même, et que celui-ci est sensiblement homogène dans l'intervalle entre les deux pointes, ce résultat est constant. Si le papier devient humide, si les deux pointes ne touchent pas le papier, si la charge est très-grande, de sorte que la distance entre les deux pointes dépasse les 10 ou les 15 millimètres, c'est alors seulement que le trou n'est plus précisément sous la pointe négative; il s'en éloigne tant soit peu, et, dans quelques cas, on voit d'autres trous intermédiaires plus petits. Je conclurai donc que les résultats déduits de mes premières expériences, sur la direction du courant secondaire dans le cas des circuits ouverts, sont exacts; et je regarde comme démontré par les expériences que, entre deux circuits ouverts, le courant induit par une décharge est, en direction, contraire à la décharge, et que l'opposé a lieu dans le cas d'un circuit fermé et de l'autre ouvert. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Note sur l'effet utile d'une roue de côté à palettes plongeantes, selon le système de* MM. Coriolis et Bellanger; *par* M. de Caligny.

« Il y a peu de temps encore, loin de regarder comme utile de faire plon-

ger, en partie, dans le bief inférieur les aubes des *roues de côté*, on les disposait au-dessus d'un ressaut. MM. Coriolis et Bellanger soutenaient que c'était une faute, et leurs idées sur ce sujet commencent à se répandre. Je crois donc faire une chose utile, du moins pour les étrangers, en publiant les principaux résultats d'une expérience sur cette disposition à laquelle j'ai concouru l'année dernière.

» M. Rudler, ingénieur des subsistances militaires et de la Manufacture royale des tabacs, ayant réparé avec soin une roue de moulin en bois construite dans ce système, par M. Cartier, ingénieur-mécanicien, me fit l'honneur de me convoquer, le 16 juin 1844, à Dugny, où elle est établie, avec M. Le Verrier, répétiteur à l'École Polytechnique, et M. Antiq, ingénieur-mécanicien, pour faire au frein de nouvelles expériences.

» Cette roue a $4^m,68$ de diamètre extérieur, et $3^m,60$ de large; ses aubes, au nombre de quarante, ont $0^m,56$ de profondeur, c'est-à-dire qu'elles sont planes dans le prolongement du rayon sur une longueur de $0^m,43$, le reste étant formé par l'hypoténuse d'un triangle rectangle de $0^m,19$ environ. Elle est emboîtée le plus haut possible dans un coursier circulaire en pierres de taille; la vanne déversoir introduit l'eau sur les aubes dont le mouvement produit en quelque sorte la première dénivellation. Le fond courbe de la roue étant recouvert de planches, à l'exception d'une fente horizontale de $0^m,06$ environ pour le dégagement de l'air sous chaque aube, sa vitesse ne paraît pas influer bien sensiblement sur le débit de la vanne déversoir. Les aubes plongeaient dans le bief inférieur, à une profondeur de $0^m,30$. La chute, vérifiée de nouveau au moment de l'expérience, était de $1^m,33$; l'axe de la roue était à $0^m,71$ au-dessus du niveau supérieur de la rivière. La vitesse normale de l'usine exigeait que l'extrémité des palettes parcourût environ $1^m,06$ par seconde. Pour cette vitesse, la disposition de la prise d'eau n'a d'ailleurs que peu d'importance.

» Il est nécessaire d'entrer dans quelques détails sur le mode de jaugeage, parce que c'est le point délicat de ces sortes d'expériences. La vanne dont nous avons fait usage avait déjà servi à M. Rudler pour jauger la rivière en présence de M. l'inspecteur général des Mines, Garnier, de MM. Antiq et Cartier. C'est une vanne de décharge parallèle à la rivière, et disposée assez loin de la roue en amont dans le mur latéral qui en soutient les eaux. Un canal additionnel est disposé, comme à l'ordinaire, en aval de cette vanne, disposée elle-même un peu en aval d'un ressaut de $0^m,19$ de hauteur, formé avec ce canal par le fond de la rivière. Ce canal se recourbait brusquement à une distance notablement moindre que le double de la largeur de la vanne;

de sorte qu'il se formait un remous fort élevé qui refluait toujours au moins à la hauteur du ressaut, et recouvrait souvent la veine liquide. La rivière était assez large par rapport à cette vanne, pour que sa vitesse fût négligeable quant à son effet dans la formule du débit. A une époque où ce débit était bien plus grand, M. Rudler avait trouvé que le maximum de la vitesse uniforme du fil de l'eau était de $0^m,358$ par seconde. Nous avons pensé que le remous dont j'ai parlé était plus que suffisant pour compenser l'effet dont il s'agit, dans un genre de calculs ayant pour but de ne point estimer trop bas le débit de la rivière, afin de ne pas se faire illusion sur l'effet utile de la roue.

» La vanne étant levée à une hauteur de $0^m,376$, l'eau se tenait bien horizontale en amont, et *rasait* le sommet horizontal du mur latéral dont j'ai parlé, de sorte qu'elle débitait toute l'eau de la rivière pendant la durée assez longue de ce jaugeage.

» Le ressaut étant un peu en amont de la vanne, à cause des montants de celle-ci, M. Rudler, pour ne rien négliger, a mesuré directement la distance *un peu oblique* entre l'arête du ressaut et celle de la vanne, qui s'est trouvée être de $0^m,207$. La largeur de l'orifice étant de $1^m,26$, l'eau se tenant en amont au-dessus du ressaut, à une hauteur constante de $0^m,615$, on a trouvé, au moyen des formules connues et des coefficients fournis par les expériences de MM. Poncelet et Lesbros, que le débit était sensiblement de 494 litres par seconde, donnant pour la chute une force de 8,76 chevaux théoriques, ou de 657 dynamies par seconde.

» Immédiatement après avoir fermé cette vanne de décharge, nous avons déterminé l'ouverture de la vanne déversoir de la roue qui débitait aussi précisément toute l'eau de la rivière, dont la surface continuait à *raser* le sommet horizontal du même mur, la roue elle-même ayant sa vitesse ordinaire. Le frein était monté d'avance, pour que l'on ne perdît pas de temps, et nous l'avons immédiatement appliqué, non sur l'arbre même de la roue, ce qui n'était pas possible, ni même sur un second arbre horizontal, mais sur un troisième arbre *vertical*. Pendant toute la durée des expériences au frein, deux d'entre nous allaient successivement vérifier que l'*eau ne versait jamais au-dessus du même mur horizontal;* de sorte que, s'il y avait eu quelque différence, d'ailleurs insignifiante, dans le débit de la rivière, ce serait plutôt au désavantage de l'effet utile, comme le confirme la marche régulière des expériences dont l'effet utile va toujours un peu en diminuant; ce que nous nous sommes contentés d'attribuer à de légères augmentations graduelles dans la vitesse de la roue, vitesse bien entendu uniforme pour chaque expérience.

» Pendant toute la durée de nos opérations, un des meuniers en amont avait retenu une partie des eaux. Cette circonstance, que nous avons fait bien constater, tendait à diminuer le *rendement* de la roue, construite pour faire fonctionner ordinairement trois paires de meules, au moins, avec leurs accessoires, et qui n'en pouvait, par suite, faire fonctionner que deux, bien que les résistances passives fussent en partie constantes.

» L'effet utile moyen de nos quinze expériences, *disponible sur le troisième axe,* est de 0,7876; il n'était que d'environ 0,77 pour les neuf dernières, la roue marchant moyennement à sa vitesse normale; c'est le chiffre pratique dont nous avons tenu compte : mais pour les six premières il s'est élevé, moyennement, à 0,817 environ, et si l'on prend l'effet maximum de 7,31 chevaux, on trouve 0,834. Il faudrait ajouter à l'effet utile le frottement dépensé par les deux paires de roues d'engrenage, pour connaître l'effet réellement disponible sur l'axe de la roue, afin de pouvoir en comparer le système à celui des autres moteurs, ce qui élèverait sans doute le rendement maximum à près de 0,90. Nous ne sommes point encore entrés dans ces détails; mais, au fond, ils seraient d'autant plus utiles que le troisième arbre, dont le nombre de tours par minute n'a varié qu'entre 26 et 32, marchait beaucoup plus vite que celui de la roue, dont la vitesse normale ne donnait lieu qu'à 4,32 tours par minute.

» Le maximum d'effet correspondait à 27 tours de l'arbre vertical; pour 26,50, on n'avait que 7,18 chevaux, et que 7,05 pour 26 tours par minute de ce même arbre; pour 29 tours, on n'avait plus que 6,86 chevaux, et, en définitive, pour 32 tours, que 6,59 chevaux. M. Rudler a déjà soumis le tableau de ces expériences à M. Morin, en octobre 1844.

» Les accidents qui avaient nécessité les réparations sont communs à tous les systèmes de roue de côté; avec le temps, les paliers de la roue avaient tassé d'environ $0^{m},01$; par suite, les palettes s'étaient usées dans le fond du coursier, et ne touchaient plus au col de cygne; il s'était déclaré quelques fuites dans ce coursier, qui présentait en outre des saillies, etc., etc.

» En résumé, les roues de côté, avec le perfectionnement qui leur a été apporté par MM. Coriolis et Bellanger, donnent un effet utile *total* qu'il paraît difficile de dépasser dans la pratique, en supposant même que nous eussions commis quelque erreur, et en tenant compte de ce que cette roue venait d'être réparée : elles jouissent à un haut degré de l'avantage de pouvoir débiter des quantités d'eau très-variables. Conserver cet avantage en y joignant celui de pouvoir les faire marcher plongées à de plus grandes profondeurs, et, au besoin, avec de plus grandes vitesses, tel est le but que je me suis proposé. Je présenterai dans peu une solution de ce problème.

Tableau des expériences au frein faites sur la roue de Dugny, le 16 juin 1844.

NUMÉROS des expériences.	NOMBRE de tours de l'*axe vertical* par minute.	CHEMIN vertical du poids par seconde.	POIDS du plateau.	DYNAMIES par seconde.	CHEVAUX effectifs.
1	26,50	8,62	62,50	538,75	7,18
2	27	8,78	62,50	548,75	7,31
3	26	8,46	62,50	528,75	7,05
4	26,50	8,62	62,50	538,75	7,18
5	26,50	8,62	62,50	538,75	7,18
6	26	8,46	62,50	528,75	7,05
7	29	9,44	54,50	514,48	6,86
8	29	9,44	54,50	514,48	6,86
9	30	9,76	52,50	512,40	6,83
10	30	9,76	52,50	512,40	6,83
11	30,50	9,92	50,50	500,96	6,68
12	31	10,09	49,50	499,45	6,65
13	31,80	10,35	49,50	512,32	6,77
14	32	10,41	47,50	494,47	6,59
15	32	10,41	47,50	494,47	6,59

CHIMIE. — *Réclamation relative à un passage du Mémoire présenté par* M. Millon, *dans la séance du 7 juillet 1845.* (Lettre de M. **Baudrimont**.)

« Dans un Mémoire que M. Millon a présenté récemment se trouve une note (1) de laquelle il semblerait résulter que l'acide chlorazotique n'aurait pas la composition que je lui ai assignée. Je regrette beaucoup que M. Millon n'ait point accompagné cette Note des expériences qui pouvaient appuyer une telle assertion : il me serait facile alors de le combattre ou de partager sa conviction. En attendant cette publication, voici quelques objections que je soumettrai à M. Millon :

» 1°. Si l'acide chlorazotique, au lieu d'être AzO_3Cl_2, était AzO_3Cl ou

(1) *Comptes rendus*, t. XXI, p. 50.

$Az O_2 Cl_2$, il se dégagerait du chlore dans la préparation de ce produit, et il ne s'en dégage pas. On aurait

$$Az O_6 H + 2HCl = Az O_3 Cl + Cl + 3HO$$

ou

$$Az O_6 H + 3HCl = Az O_2 Cl_2 + Cl + 4 HO.$$

» 2°. L'acide chlorazotique, au contact de l'eau, se comporte tout autrement que l'acide azototique : il donne une dissolution rouge qui, renfermée dans un tube de verre scellé à lampe et soumis pendant plusieurs mois à l'action solaire, ne subit aucun changement; tandis qu'elle se décolore toujours dans les flacons les mieux bouchés en apparence, même dans l'obscurité. Tous les chimistes savent que l'acide azototique est détruit instantanément par l'eau et donne finalement un liquide *vert* lorsqu'il est en quantité suffisante.

» 3°. L'acide chlorazotique, en réagissant sur des bases en dissolution ou en suspension dans l'eau, donne des azotates et des chlorures, comme cela doit résulter de la composition, car

$$Az O_3 Cl_2 + 3\Delta O = Az O_6 \Delta + 2Cl \Delta.$$

» 4°. La composition de l'acide chorazotique est parfaitement en harmonie avec le poids spécifique de la vapeur, poids spécifique qui a été déterminé par deux méthodes différentes qui ont donné le même résultat.

» 5°. L'analyse de l'acide chlorazotique a aussi été faite par plusieurs méthodes différentes, et elle ne permet pas d'adopter une autre formule que celle que j'ai indiquée.

» 6°. L'acide chorazotique attaque directement et violemment la plupart des métaux, lorsqu'il est assez sec pour ne point rougir le papier de tournesol également sec. Cela rend vaine la théorie que M. Millon a donnée pour expliquer les réactions de ce composé qui devrait d'abord donner naissance à un produit particulier qui, lui-même, devrait ensuite se détruire pour régénérer ceux qui lui ont donné naissance, afin de pouvoir attaquer les métaux. Ainsi, selon M. Millon, il se formerait d'abord un composé chloré, puis ce composé, en présence de l'eau, régénérerait l'azotate et le chlorure hydriques qui ont servi à le former, et tout cela pour avoir un peu d'acide nitreux!

» En attendant que M. Millon donne des preuves évidentes à l'appui de l'assertion qu'il a émise, je pense que le seul fait contenu dans le § II, celui-là même qui a trait à l'expérience invoquée par M. Millon, suffit pour démontrer que cette assertion est mal fondée. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Identité de l'acide bézoardique et de l'acide ellagique.* (Extrait d'une Lettre de M. **Vohler** à M. *Dumas*.)

« L'acide bézoardique dont j'ai eu l'honneur de vous entretenir, n'est autre chose que l'*acide ellagique* de M. Braconnot. C'est un fait bien remarquable. Il prouve que la matière des bézoards provient de la nourriture de ces animaux, contenant, sans doute, ou de l'acide ellagique déjà formé, ou de l'acide tannique. L'analyse de l'acide ellagique, faite antérieurement par M. Pelouze, avait donné la formule

$$C^7 H^2 O^4,$$

laquelle, comme vous voyez, ne diffère de la mienne,

$$\dot{H} + C^{14} H^2 O^7,$$

que de $\frac{1}{2}$ équivalent d'hydrogène de plus. Cependant il n'y a pas de doute que la dernière est la plus exacte. »

M. **Lesueur** prie l'Académie de vouloir bien lui désigner des Commissaires, à l'examen desquels il soumettra un système d'*essieux* qu'il a imaginé et qui doit être prochainement mis en expérience.

M. Lesueur sera invité à envoyer une Note sur son appareil, afin que l'Académie soit à portée de juger si cette invention est de nature à devenir l'objet d'un Rapport.

M. **Boutigny** adresse diverses observations critiques en réponse à une observation que M. Arago avait faite, en entendant la lecture de la Note de ce chimiste, sur l'*état sphéroïdal* des corps, présentée dans la séance précédente.

M. **Daux**, ingénieur du bey de Tunis, écrit pour demander à l'Académie, des instructions qui lui permettent de rattacher à un plan général, les observations scientifiques que la nature de ses travaux le met fréquemment à portée de faire, observations pour lesquelles sa connaissance du pays et le poste qu'il occupe, lui donnent des facilités que n'aurait aucun voyageur européen.

Cette Lettre est renvoyée à l'examen d'une Commission composée de MM. Arago, Élie de Beaumont et Duperrey.

M. **Gaimard** écrit, d'après une Lettre qu'il a reçue d'Islande, en date du 24 juin 1845, que depuis plus d'une année la température de cette

île a été particulièrement douce, et que le dernier hiver s'est à peine fait sentir. La même Lettre annonce la mort du savant évêque M. *Steingrimur Jonsson*, qui avait accueilli avec une grande bienveillance l'expédition française envoyée dans le Nord sous la direction de M. Gaymard.

M. **Sellier** adresse une nouvelle communication relative aux *effets préservateurs des corps noirs, considérés comme conducteurs de l'électricité*.

M. **Coulier** écrit relativement aux déterminations qu'aurait prises une Commission chargée par le Ministre des Finances de s'occuper des *moyens propres à prévenir les faux*, déterminations dans lesquelles on aurait, suivant l'auteur de la Lettre, méconnu ses droits d'inventeur.

M. **Delarue** envoie le tableau des *observations météorologiques* faites par lui à Dijon, pendant le mois de juin 1845.

Une personne, dont le nom n'a pu être lu, écrit relativement à une disposition qu'il a imaginée pour les *chemins de fer atmosphériques*, et qui lui permet de supprimer les rails sans compromettre, à ce qu'il pense, l'équilibre du convoi.

M. **Durand** prie l'Académie de hâter le travail de la Commission à l'examen de laquelle ont été renvoyées diverses communications qu'il a adressées, relativement à plusieurs questions de physique générale.

M. **Dujardin** envoie un paquet cacheté.
L'Académie en accepte le dépôt.

La séance est levée à 5 heures un quart. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans cette séance, les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1845; n° 2; in-4°.

Culture du Pavot somnifère en Algérie. Publication faite par ordre de M. le Ministre de la Guerre.

Voyages de la Commission scientifique du Nord en Scandinavie, en Laponie, au Spitzberg et aux Feroë, pendant les années 1838, 1839 *et* 1840, *sous la direction de* M. Gaimard; 33e livraison; in-folio.

Rapport à M. le Ministre Secrétaire-d'État de l'Intérieur, concernant les infanticides et les mort-nés, dans leur relation avec la question des enfants trouvés; par M. Remacle; in-4°.

Du Hachisch et de l'Aliénation mentale: études psychologiques; par M. J. Moreau de Tours; in-8°.

Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris; juin 1845; in-8°.

Annales forestières; juillet 1845; in-8°.

Dictionnaire universel d'Histoire naturelle; par M. Ch. d'Orbigny; tome VI, 65e livraison; in-8°.

La Clinique vétérinaire; juillet 1845; in-8°.

Bulletin des Académies; Revue des Sociétés de médecine française et étrangères; n° 10; juillet 1845; in-8°.

Observationes astronomicæ in specula regia Monachiensi institutæ, vol. XIV; *seu novæ seriei* vol. IX, *Observationes anno* 1843 *factas continens;* in-4°.

The report... *Rapport sur la quatorzième réunion de l'Association britannique pour l'avancement des Sciences, tenue à Manchester en* 1844; 1 vol. in-4°. Londres; 1844.

The medical Times; n° 304.

Annalen... *Annales de Météorologie et de Magnétisme terrestre, publiées par* M. Lamont; 8e et 9e livraisons (années 1843 et 1844); in-8°.

Ueber das... *Sur le kilogramme en cristal de roche qui a servi pour la fixation de la Livre bavaroise; par* M. Steinheil. Munich, 1844; in-4°.

Copie das... *Reproduction du mètre des Archives de Paris; par* le même; in-4°.

Ueber quantitative... *Sur l'analyse quantitative; par* M. STEINHEIL; in-4°.

Trattato... *Histoire des Actinies, et observations sur quelques espèces qui vivent dans les environs de Venise; par* M. N. CONTARINI. Venise, 1844; in-4°. (M. MILNE EDWARDS est invité à en faire un Rapport verbal.)

Il cimento... *Journal de Chimie, de Physique et d'Histoire naturelle;* année 1845, mai et juin; in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome XIII, 1845; n° 29; in-4°.

Gazette des Hôpitaux; n°s 83-85; in-fol.

L'Écho du Monde savant; 2e semestre 1845; n°s 1-4.

La Réaction; n° 56.